

VI-2-12 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する  
影響評価結果

## 目 次

1. 概要	1
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動	1
3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価結果	1
3.1 建物・構築物	1
3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出	1
3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果	13
3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	15
3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果	16
3.1.5 原子炉建物3次元FEMモデルによる面外応答の耐震壁への影響検討結果	39
3.2 機器・配管系	43
3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価設備の抽出	43
3.2.2 建物・構築物，屋外重要土木構造物等，津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	46
3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価設備の抽出結果	46
3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	46
3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果	47
3.2.6 原子炉建物3次元FEMモデルによる機器・配管系への影響検討結果（面外応答）	47
3.2.7 原子炉建物3次元FEMモデルによる機器・配管系への影響検討結果（質点系モデルの応答超過）	47
3.2.8 まとめ	48
3.3 屋外重要土木構造物等	67
3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出	67
3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果	92
3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	120
3.3.4 機器・配管系への影響	156
3.3.5 まとめ	157
3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備	158
3.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出	158
3.4.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果	187
3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	188
3.4.4 機器・配管系への影響	202
3.4.5 まとめ	202

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「4.1 地震力の算定法 (2) 動的地震力」及びVI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

## 2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 $S_s$ を用いる。基準地震動 $S_s$ は、VI-2-1-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の策定概要」による。

ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動 $S_s$ は、複数の基準地震動 $S_s$ における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮したうえで確認し、本影響評価に用いる。

## 3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価結果

### 3.1 建物・構築物

#### 3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出

##### (1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建物・構築物において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を表3-1-1に示す。

##### (2) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建物挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を表3-1-2及び表3-1-3に示す。

なお、隣接する上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突の有無の判断が基本となる。そのため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、壁式構造では耐震壁（ラーメン構造では柱、はり）を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

##### (3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

表3-1-1に示す耐震評価上の構成部位のうち、表3-1-2に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定

される部位を抽出した。抽出した結果を表 3-1-4 に示す。

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位として、排気筒及び 1 号機排気筒の柱（隅部）並びに原子炉建物、制御室建物、タービン建物、廃棄物処理建物、排気筒、緊急時対策所、ガスタービン発電機建物及び屋外配管ダクト（排気筒）の基礎（矩形）を抽出した。

また、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、燃料プールの壁（一般部）並びに原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、屋外配管ダクト（排気筒）、1 号機原子炉建物、1 号機タービン建物、1 号機廃棄物処理建物及びディーゼル燃料貯蔵タンク室の壁（地下部）を抽出した。

#### (4) 3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

表 3-1-1 に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、表 3-1-3 に示す 3 次元的な応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を表 3-1-5 に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位として、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）を抽出した。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位として、抽出する部位はなかった。



表 3-1-1(1) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位

耐震性評価部位		原子炉建物			制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物	屋外配管ダクト (排気筒)*
		燃料 プール	上部鉄骨			上部鉄骨						
		RC造	RC造	S造, SRC造, RC造	RC造	RC造	S造, SRC造, RC造	RC造	S造, RC造	RC造	S造, SRC造, RC造	RC造
柱	一般部	○	-	○	○	○	○	○	○ (筒身, 補助柱)	○	○	-
	隅部	○	-	○	○	○	○	○	○ (主柱材)	○	○	-
	地下部	○	-	-	-	○	-	○	-	-	-	-
はり	一般部	○	-	○	○	○	○	○	○ (水平材)	○	○	-
	地下部	○	-	-	-	○	-	○	-	-	-	-
	鉄骨 トラス	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-
壁	一般部	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○
	円筒部	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下部	○	-	-	-	○	-	○	-	-	-	○
	鉄骨 ブレース	-	-	-	-	-	-	-	○ (斜材)	-	-	-
床・ 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○
基礎	矩形	○	-	-	○	○	-	○	○	○	○	○
	杭基礎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

凡例 ○：対象の構造部材あり， -：対象の構造部材なし

注記\*：屋外配管ダクト（排気筒）は排気筒基礎上に設置されており，排気筒基礎と一体構造であることから，建物・構築物に分類する。

表 3-1-1(2) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位

耐震性評価部位	1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機 廃棄物 処理建物	サイトバンカ 建物	サイトバンカ 建物(増築部)	1号機 排気筒	排気筒 モニタ室	ディーゼル燃料 移送ポンプエリア 防護対策設備	ディーゼル燃料 貯蔵タンク室*
	RC造	上部鉄骨 S造, RC造	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC造							
柱	一般部	○	○	○	○	○	○	○(筒身)	-	○	-
	隅部	○	○	○	○	○	○	○(主柱材)	-	○	-
	地下部	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-
はり	一般部	○	○	○	○	○	○	○(水平材)	○	○	-
	地下部	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-
	鉄骨 トラス	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-
壁	一般部	○	○	○	○	○	○	-	○	-	○
	円筒部	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下部	○	-	○	-	○	-	-	-	-	○
	鉄骨 ブレース	-	○	-	-	-	-	○(斜材)	-	○	-
床・ 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	-	○	-	○
基礎	矩形	○	-	○	-	○	○	○	○	-	-
	杭基礎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

凡例 ○：対象の構造部材あり， -：対象の構造部材なし

注記\*：ディーゼル燃料貯蔵タンク室は排気筒基礎上に設置されており，排気筒基礎と一体構造であることから，建物・構築物に分類する。

表 3-1-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性  
(荷重の組合せによる応答特性)

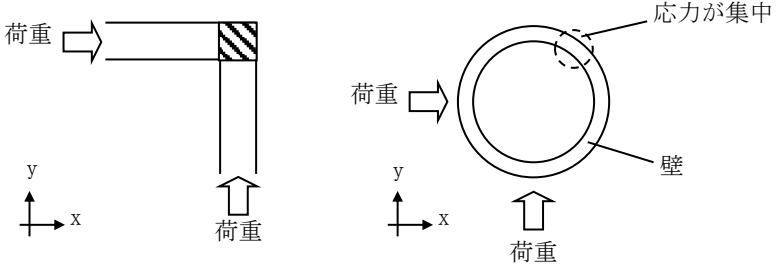
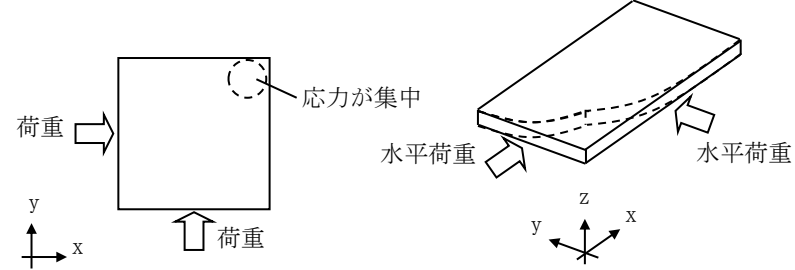
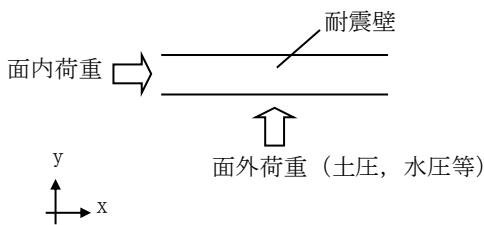
荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2 方向の荷重 が、応力とし て集中	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>(隅柱) (円筒壁)</p>  <p>(矩形の基礎スラブ)</p>
①-2	面内方向の 荷重を負担 しつつ、 面外方向の 荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するプール壁等 (例)</p>  <p>耐震壁 面内荷重 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>

表 3-1-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性  
(3次元的な応答特性)

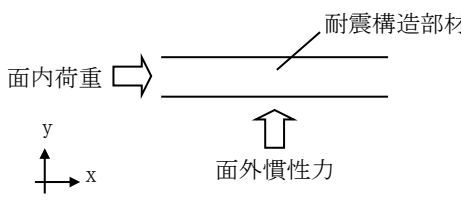
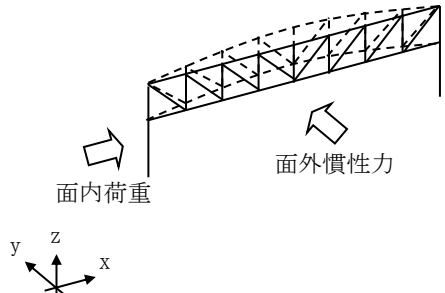
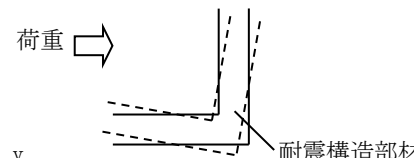
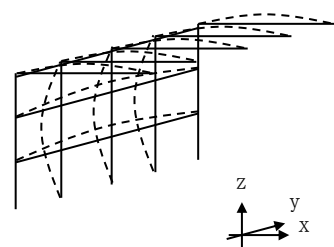
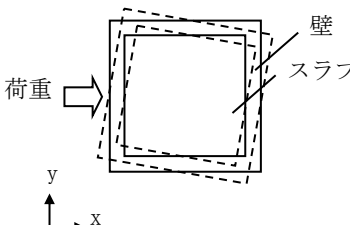
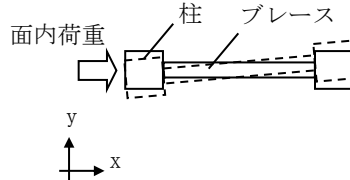
3次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ 面外慣性力</p> <p>(耐震構造部材)</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力</p> <p>(鉄骨トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 → 耐震構造部材</p> <p>(壁)</p>  <p>(鉄骨架構)</p>  <p>荷重 → 壁 スラブ</p> <p>(床・屋根)</p>  <p>面内荷重 → 柱 ブレース</p> <p>(ブレース)</p>

表 3-1-4(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出  
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位	原子炉建物			制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物	屋外配管ダクト (排気筒)	
	燃料 プール	上部鉄骨	上部鉄骨									
	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	
柱	一般部	該当なし	—	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	隅部	該当なし	—	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	要①-1	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	—	—	該当なし	—	該当なし	—	—	—	—
はり	一般部	該当なし	—	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	—	—	該当なし	—	該当なし	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	該当なし	—	—	該当なし	—	—	—	—	—
壁	一般部	該当なし	要①-2	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし	該当なし
	円筒部	該当なし	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	要①-2	—	—	—	要①-2	—	要①-2	—	—	—	要①-2
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	—	—	該当なし	—	—	—
床・ 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし	該当なし	
基礎	矩形	要①-1	—	—	要①-1	要①-1	—	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

凡例 ・ 要：評価必要

・ 「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」

・ 不要：評価不要

・ 「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

表 3-1-4(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出  
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機 廃棄物 処理建物	サイトバンカ 建物	サイトバンカ 建物(増築部)	1号機 排気筒	排気筒 モニタ室	ディーゼル燃料 移送ポンプエリア 防護対策設備	ディーゼル燃料 貯蔵タンク室
		RC造	上部鉄骨 S造, RC造	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC造							
柱	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	—
	隅部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	要①-1	—	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	該当なし	—	該当なし	—	—	—	—	—	—
はり	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	該当なし	—	該当なし	—	—	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	該当なし	—	該当なし	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	該当なし
	円筒部	該当なし	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	要①-2	—	要①-2	—	要①-2	—	—	—	—	—	要①-2
	鉄骨 ブレース	—	該当なし	—	—	—	—	—	該当なし	—	該当なし	—
床・ 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	該当なし
基礎	矩形	不要*	—	不要*	—	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	—	—
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

凡例 ・要：評価必要

・不要：評価不要

・「①-1」：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

・「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

注記\*：上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建物及び1号機排気筒は、上部躯体を評価対象としているため、基礎は対象外とする。

表 3-1-5(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出  
(3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位	原子炉建物			制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物	屋外配管ダクト (排気筒)
	燃料 プール	上部鉄骨	RC 造		RC 造	S 造, SRC 造, RC 造					
	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造
柱	一般部	不要	—	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—
	隅部	不要	—	不要	不要	不要	不要	要①-1	不要	不要	—
	地下部	不要	—	—	—	不要	—	—	—	—	—
はり	一般部	不要	—	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—
	地下部	不要	—	—	—	不要	—	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	不要	—	—	不要	—	—	—	—
壁	一般部	要②-1	要①-2	不要	不要	不要	不要	—	不要	不要	不要
	円筒部	不要	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	要①-2	—	—	—	要①-2	—	要①-2	—	—	要①-2
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	—	—	不要	—	—
床・ 屋根	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	不要	不要
基礎	矩形	要①-1	—	—	要①-1	要①-1	—	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

凡例 ・要：評価必要又は荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み  
 ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」  
 ・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

・不要：評価不要  
 ・「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」  
 ・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

表 3-1-5(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出  
(3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機 廃棄物 処理建物	サイトバンカ 建物	サイトバンカ 建物(増築部)	1号機 排気筒	排気筒 モニタ室	ディーゼル燃料 移送ポンプエリア 防護対策設備	ディーゼル燃料 貯蔵タンク室
		RC造	上部鉄骨 S造, RC造	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC造							
柱	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	—
	隅部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	要①-1	—	不要	—
	地下部	不要	—	不要	—	不要	—	—	—	—	—	—
はり	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—
	地下部	不要	—	不要	—	不要	—	—	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	不要	—	不要	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	—	不要
	円筒部	不要	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	要①-2	—	要①-2	—	要①-2	—	—	—	—	—	要①-2
	鉄骨 ブレース	—	不要	—	—	—	—	—	不要	—	不要	—
床・ 屋根	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	—	不要
基礎	矩形	不要*	—	不要*	—	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	—	—
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- 凡例
- ・要：評価必要又は荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み
  - ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」
  - ・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」
  - ・不要：評価不要
  - ・「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」
  - ・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

注記\*：上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建物及び 1号機排気筒は、上部躯体を評価対象としているため、基礎は対象外とする。



(5) 3次元FEMモデルによる精査方法

上記(4)で抽出した3次元的な応答特性が想定される部位について、3次元FEMモデルにより精査を行う。精査方法を表3-1-6に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位については、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）に対して3次元FEMモデルによる精査を行う。

また、原子炉建物の耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3次元FEMモデルによる精査を行う。精査は、地震応答解析により水平2方向及び鉛直方向入力時の影響を評価することで行う。

(6) 3次元FEMモデルによる精査結果

3次元FEMモデルによる精査の結果、建物・構築物の有している耐震性への影響が小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価が必要な部位は抽出されなかった。精査した結果を表3-1-6に示す。

ただし、原子炉建物の燃料取替階レベルの東西面の壁には面外方向に大きな加速度が生じていることから、詳細評価を実施することとする。具体的には、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）に対して、面外慣性力による応答が面内応答へ及ぼす影響検討を実施する。

表 3-1-6 3次元FEMモデルによる精査

耐震評価部位	対象 建物・構築物	3次元的な応答特性	3次元FEMモデルによる 精査方法	3次元FEMモデルによる 精査結果
壁 (一般部)	原子炉建物 (燃料取替階レベル)	②-1 「面内方向の荷重に加え、面外 慣性力の影響が大きい」	水平2方向及び鉛直方向入力 時の応答の水平1方向入力時 の応答に対する増分が小さい ことを確認する。	水平2方向及び鉛直方向地震 力の組合せによる左記の対象 の耐震性への影響が想定され ないため抽出しない。
耐震評価部位 全般	原子炉建物	局所的な応答	同上	水平2方向及び鉛直方向地震 力の組合せによる左記の対象 の耐震性への影響が想定され ないため抽出しない。

### 3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果

#### (1) 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるところとして抽出した部位を表3-1-7に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位のうち、重要設備である非常用ガス処理系用排気筒を支持する排気筒の支柱材及び建物規模が比較的大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建物の基礎を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位として施設の重要性、建物規模及び構造特性を考慮し、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する原子炉建物（燃料プール）の壁（一般部）を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

#### (2) 機器・配管系への影響が考えられる部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響の観点から、機器・配管系への影響の可能性のある部位について検討した。

原子炉建物の基礎及び排気筒の支柱材については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力集中する部位であり、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

原子炉建物（燃料プール）の壁（一般部）については、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位であり、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

表 3-1-7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象 建物・構築物	代表評価部位
	①-1	柱	隅部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>排気筒</u></li> <li>・ 1号機排気筒</li> </ul>
基礎		矩形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>原子炉建物</u></li> <li>・ 制御室建物</li> <li>・ タービン建物</li> <li>・ 廃棄物処理建物</li> <li>・ 排気筒</li> <li>・ 緊急時対策所</li> <li>・ ガスタービン発電機建物</li> <li>・ 屋外配管ダクト（排気筒）</li> </ul>	建物規模が比較的大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建物の基礎を代表として評価する。
①-2	壁	一般部 地下部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>燃料プール</u></li> <li>・ 原子炉建物</li> <li>・ タービン建物</li> <li>・ 廃棄物処理建物</li> <li>・ 屋外配管ダクト（排気筒）</li> <li>・ 1号機原子炉建物</li> <li>・ 1号機タービン建物</li> <li>・ 1号機廃棄物処理建物</li> <li>・ ディーゼル燃料貯蔵タンク室</li> </ul>	上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する燃料プールの壁を代表として評価する。

凡例 ①-1：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が，応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」

注：下線部は代表として評価する建物・構築物を示す。

### 3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動  $S_s$  を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。評価は、従来設計手法に基づいた各部位の解析モデルによる水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を用いる。また、影響評価は、水平2方向及び鉛直方向を同時入力する時刻歴応答解析による評価又は基準地震動  $S_s$  の各方向地震成分により個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide 1.92\*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づいた評価により実施する。

注記\* : Regulatory Guide 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

### 3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果

#### (1) 排気筒の支柱材の評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である排気筒の支柱材について評価を行う。

評価にあたっては、基準地震動 $S_s$ を用い、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力（以下「3方向同時入力」という。）する時刻歴応答解析に基づき、支柱材（鉄塔脚部を含む）の断面算定結果（検定値）が、1.0を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-2-13「排気筒の地震応答計算書」（以下「排気筒の地震応答計算書」という。）及びVI-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」（以下「排気筒の耐震計算書」という。）に示すものと同一である。

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

排気筒の概要図を図3-1-1に、解析モデルを図3-1-2に示す。

排気筒の地震応答解析モデルへの入力地震動は、基準地震動 $S_s$ を用いて評価を行うが、基準地震動 $S_s-D$ 及び $S_s-N1$ については、水平方向成分に直交する方向の地震動に位相特性の異なる地震波を入力する。

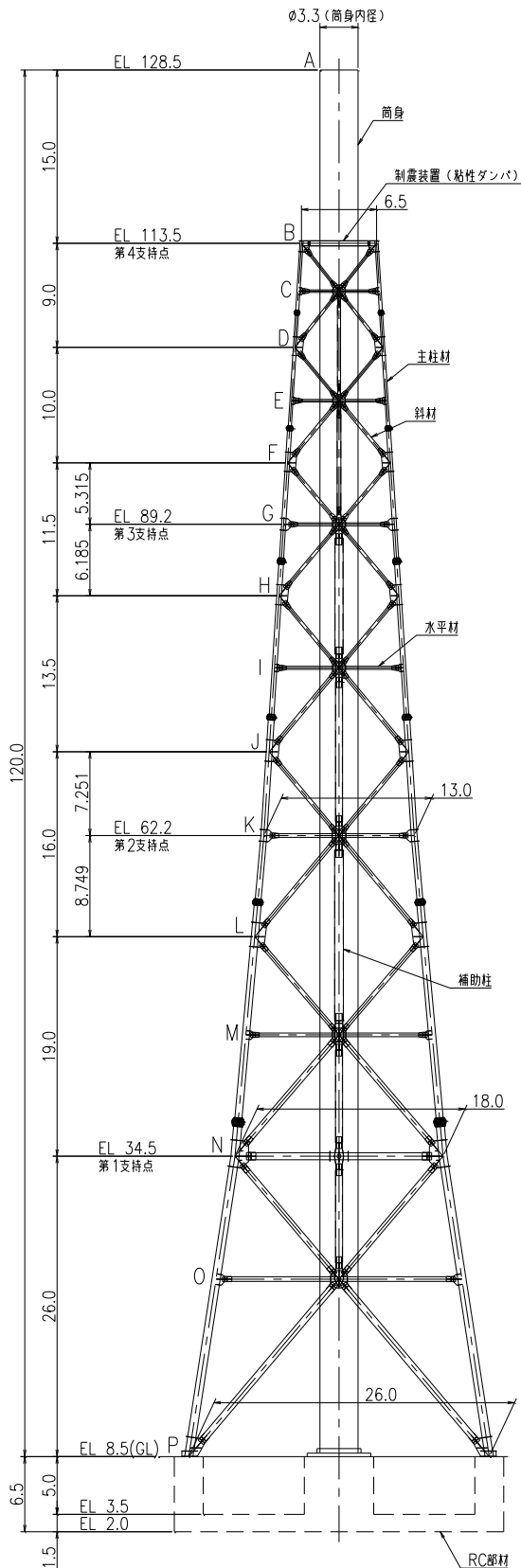
地震動の入力方法は、排気筒の地震応答計算書の「3.3.1 動的解析」に基づき3方向（水平2方向及び鉛直方向）の同時入力とする。

鋼材の許容応力度及び使用材料の物性値は、排気筒の耐震計算書の「3.2 使用材料及び材料の許容応力度」及び排気筒の地震応答計算書の「3.2 地震応答解析モデル」に示す内容と同一である。

3方向同時入力時及び排気筒の耐震計算書に記載のケース（以下「工認ケース」という。）における支柱材の評価結果を表3-1-8に、鉄塔脚部の評価結果を表3-1-9に示す。

評価の結果、3方向同時入力時の支柱材及び鉄塔脚部の検定値が1.0を超えないことを確認した。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、排気筒の支柱材が有する耐震性への影響がないことを確認した。



部材リスト (単位:mm)				
主柱材	斜材	水平材	筒身	補助柱
-	-	-	10	-
φ267.4×6.6	φ216.3×5.8	H-450×300 x10×15*2	12	φ267.4×6.0
φ355.6×6.4	φ267.4×6.6	φ216.3×5.8	10	φ318.5×6.0
φ406.4×7.9	φ267.4×6.6	φ267.4×6.6	12	φ711.2×7.9
φ508.0×9.5	φ318.5×6.9	φ267.4×6.6	10	φ609.6×12.7
φ609.6×12.7	φ355.6×7.9	φ318.5×6.9	12	φ762.0×12.7*3
φ711.2×12.7 8PLs-22x100*1	φ457.2×9.5	φ609.6×9.5	10	φ609.6×12.7*3
φ558.8×9.5	φ406.4×9.5	t=10	12	-
STK41 (STK400相当)				STK400

注記\*1: SS400材を示す。  
 \*2: SS41材 (SS400相当) を示す。  
 \*3: STK490材を示す。

図 3-1-1 排気筒の概要図 (単位:m)

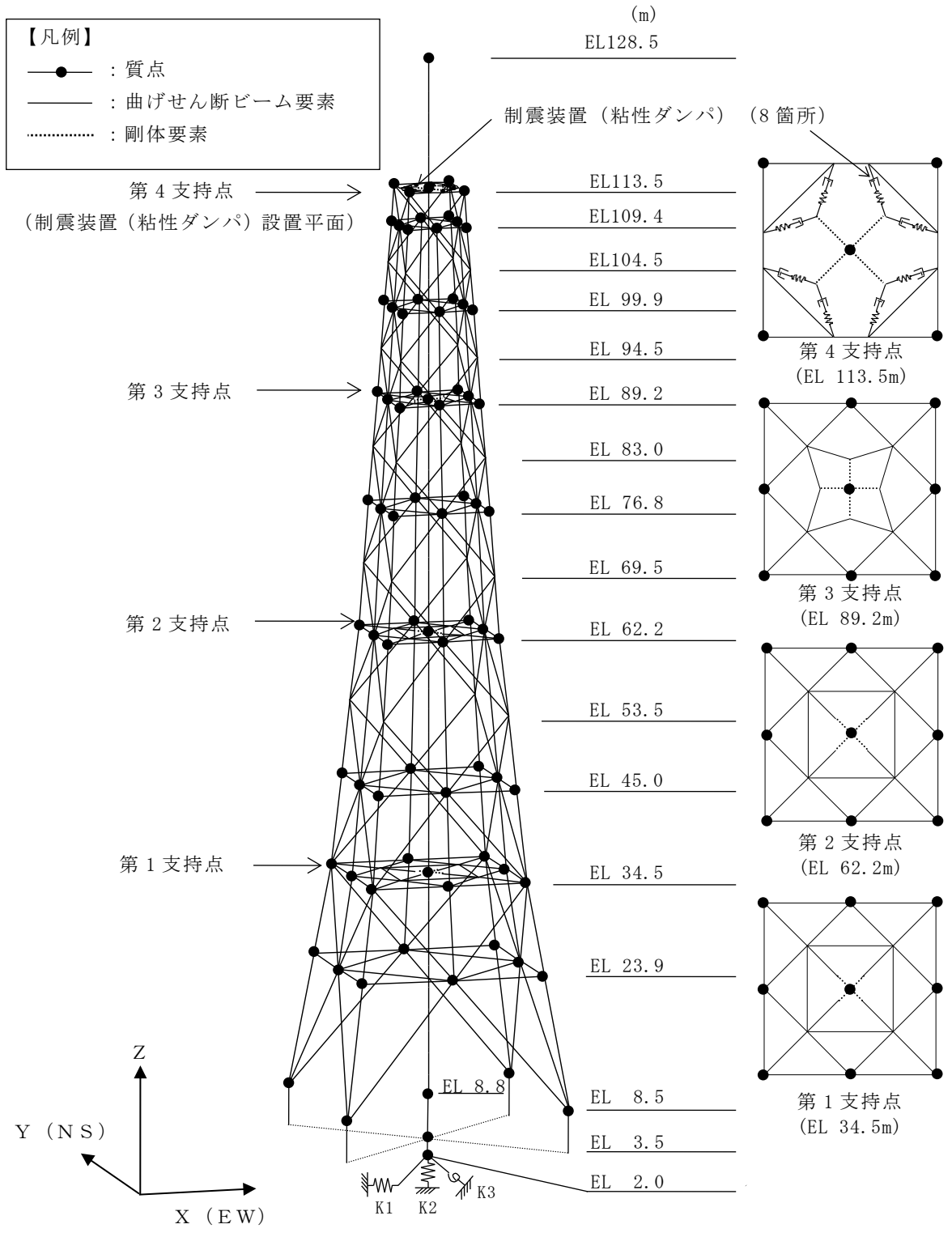


図 3-1-2 排気筒の地震応答解析モデル



表 3-1-8 主柱材の評価結果

高さ EL (m)	区間	使用部材 (mm)	工認ケース	3方向同時入力*
113.5-104.5	B-D	φ 267.4× 6.6	0.18	<u>0.20</u>
104.5- 94.5	D-F	φ 267.4× 6.6	0.48	<u>0.52</u>
94.5- 83.0	F-H	φ 355.6× 6.4	0.49	<u>0.56</u>
83.0- 69.5	H-J	φ 406.4× 7.9	0.48	<u>0.65</u>
69.5- 53.5	J-L	φ 508.0× 9.5	0.50	<u>0.77</u>
53.5- 34.5	L-N	φ 609.6×12.7	0.42	<u>0.65</u>
34.5- 8.5	N-P	φ 711.2×12.7	0.34	<u>0.52</u>

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

注記\*：風荷重との組合せを考慮する。

表 3-1-9 鉄塔脚部の評価結果

評価部位	応力分類	工認ケース	3方向同時入力*
コンクリート（せん断プレート側面）	圧縮	0.39	<u>0.55</u>
せん断プレート	曲げ	0.18	<u>0.25</u>
コンクリート（ベースプレート下面）	圧縮	0.18	<u>0.25</u>
フランジプレート，ベースプレート及び ウェブプレートから成る合成断面	曲げ	0.19	<u>0.32</u>
	せん断	0.23	<u>0.41</u>
	組合せ	0.30	<u>0.52</u>
ベースプレート	曲げ	0.46	<u>0.66</u>
リブプレート	圧縮	0.20	<u>0.29</u>
アンカー部（アンカー材）	引張	0.09	<u>0.15</u>
アンカー部（アンカーボルト）	せん断	0.27	<u>0.47</u>

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

注記\*：風荷重との組合せを考慮する。

## (2) 燃料プールの壁の評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する燃料プールの壁について評価を行う。

評価にあたっては、S<sub>s</sub>地震時に対して、3次元FEMモデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-4-2-1「燃料プール（キャスク置場を含む）の耐震性についての計算書」（以下「燃料プールの耐震計算書」という。）に示すものと同一である。

燃料プール及びキャスク置場を含む原子炉建物の概略平面図及び概略断面図を図3-1-3及び図3-1-4に、燃料プール及びキャスク置場周りの概略平面図及び概略断面図を図3-1-5及び図3-1-6に示す。

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、燃料プールの耐震計算書の「3.3 許容限界」に示す内容と同一である。

解析モデルの概要図を図3-1-7に示す。解析モデルの詳細は、燃料プールの耐震計算書の「3.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

S<sub>s</sub>地震時の応力は、燃料プールの耐震計算書の「3.5.1 応力解析方法」に示す次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S<sub>s</sub>S<sub>N</sub> : S→N方向 S<sub>s</sub>地震荷重（S<sub>s</sub>地震時動水圧荷重を含む）
- S<sub>s</sub>S<sub>WE</sub> : W→E方向 S<sub>s</sub>地震荷重（S<sub>s</sub>地震時動水圧荷重を含む）
- S<sub>s</sub>S<sub>UD</sub> : 鉛直方向（下向き） S<sub>s</sub>地震荷重

燃料プールの壁の評価は、燃料プールの耐震計算書の「3.5.2 断面の評価方法」に示す方法と同一である。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断力及び面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 3-1-8 及び図 3-1-9 に、評価結果を表 3-1-10 及び表 3-1-11 に示す。

S s 地震時における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断力及び面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。

以上より、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、燃料プールの壁が有する耐震性への影響がないことを確認した。

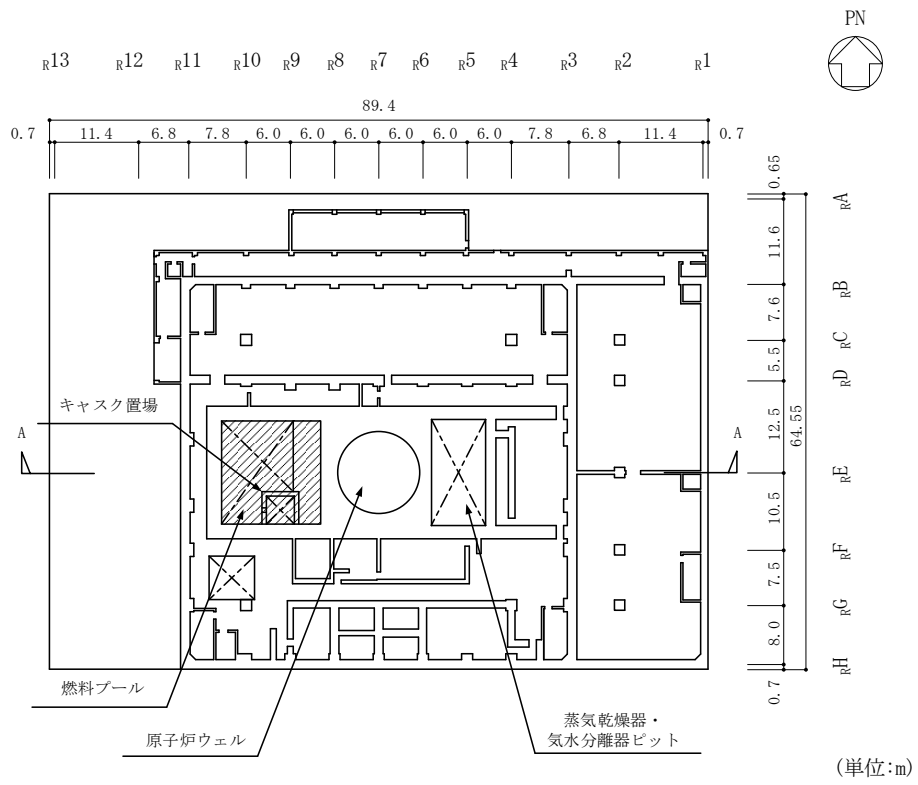


図 3-1-3 燃料プール及びキャスク置場を含む原子炉建物の概略平面図  
(EL 34.8m)

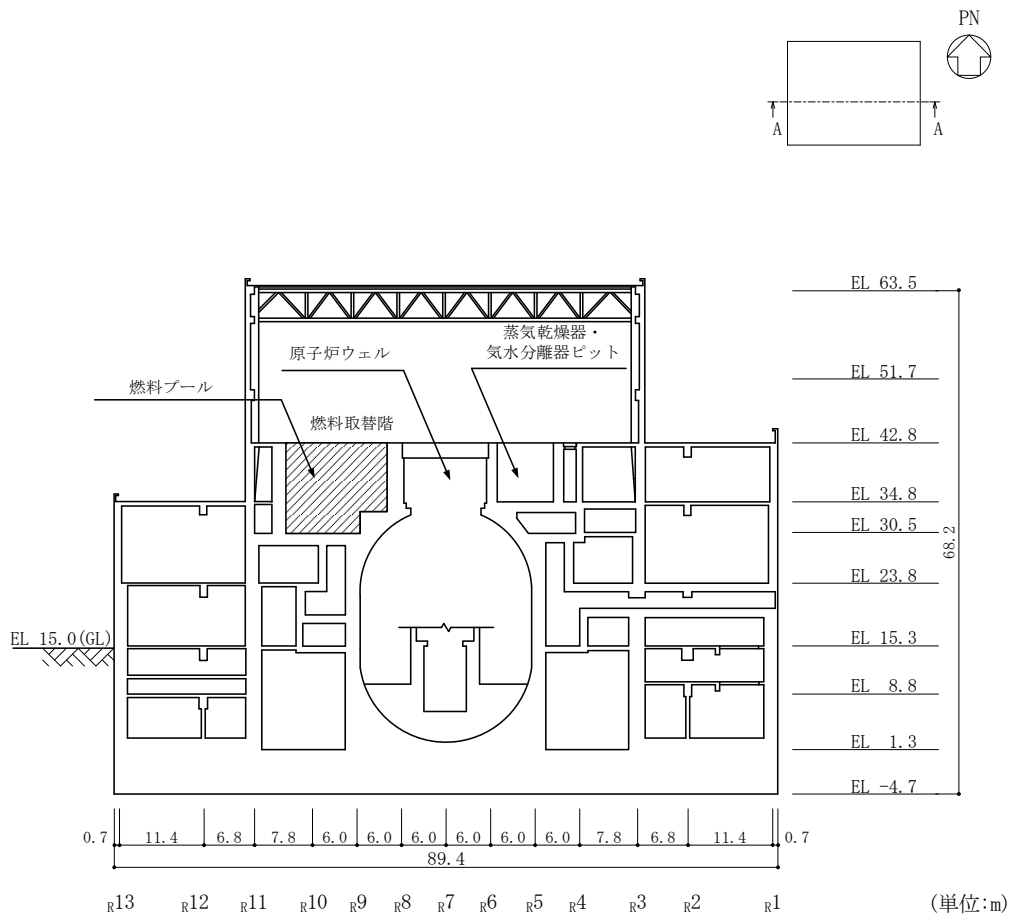
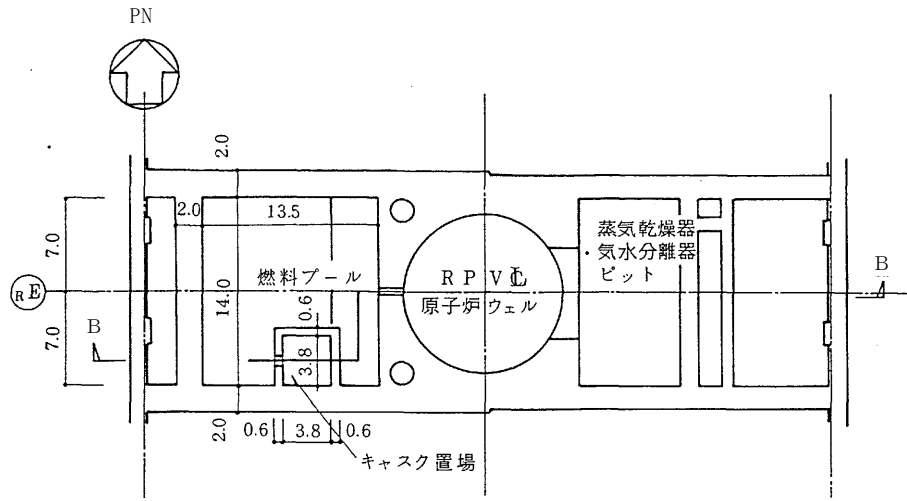
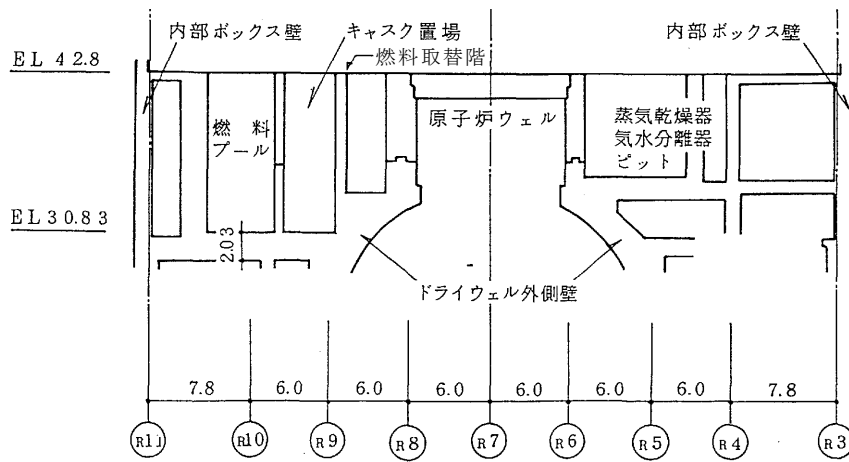


図 3-1-4 燃料プール及びキャスク置場を含む原子炉建物の概略断面図  
(A-A断面, EW方向)



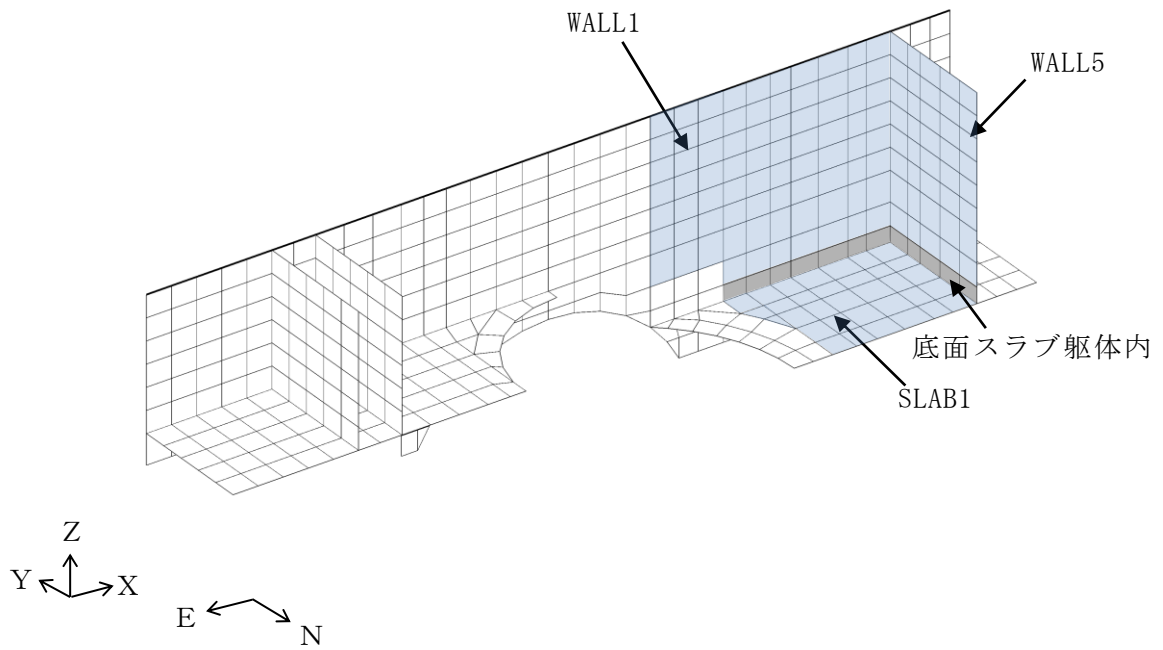
(単位：m)

図 3-1-5 燃料プール及びキャスク置場周りの概略平面図

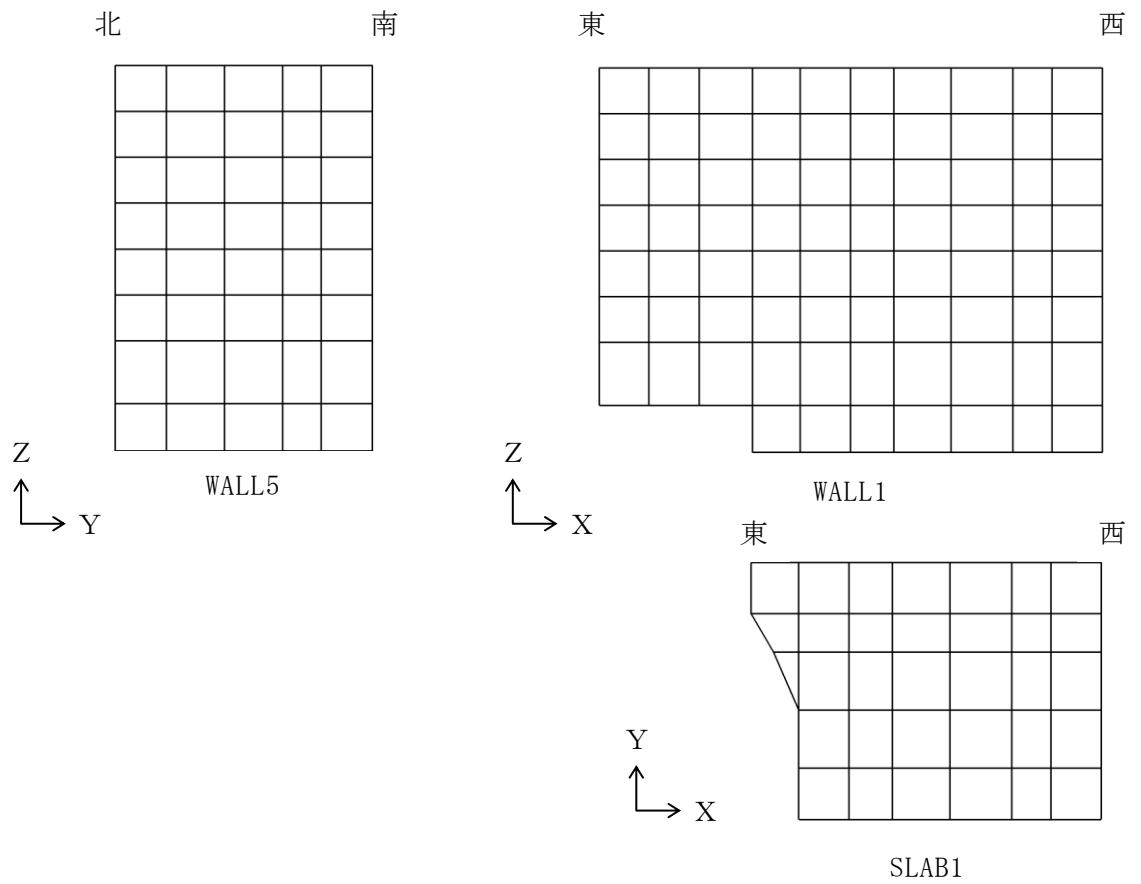


(単位：m)

図 3-1-6 燃料プール及びキャスク置場周りの概略断面図  
(B-B断面)

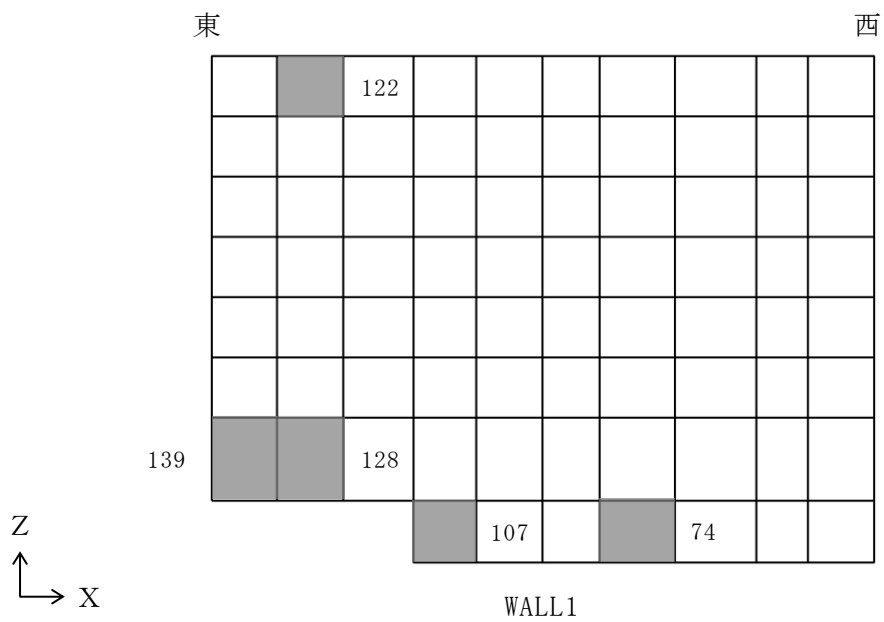


(a) 全体鳥瞰図

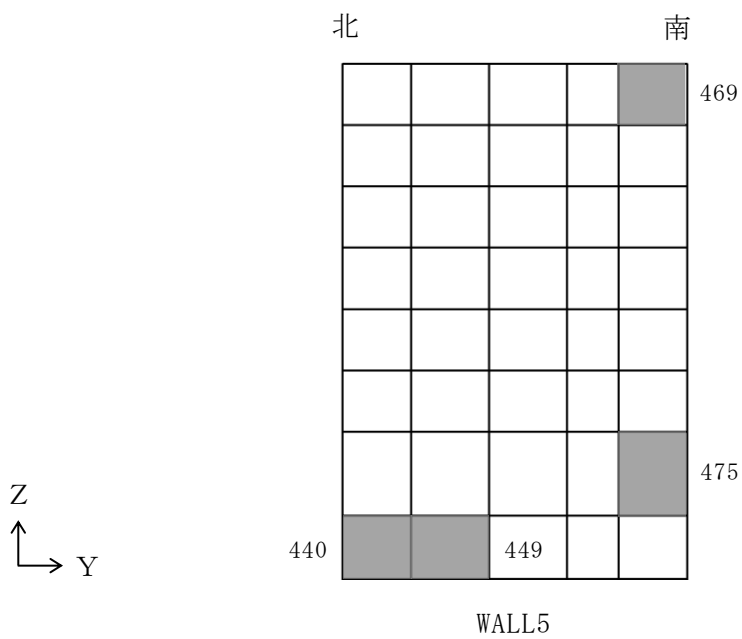


(b) 燃料プール要素分割図

図 3-1-7 解析モデルの概要図



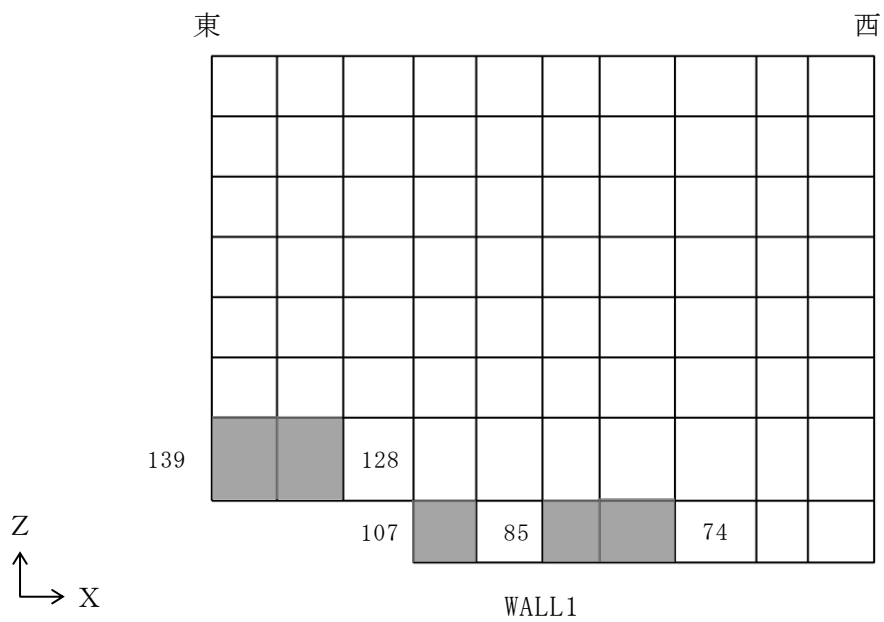
(a) 南側壁



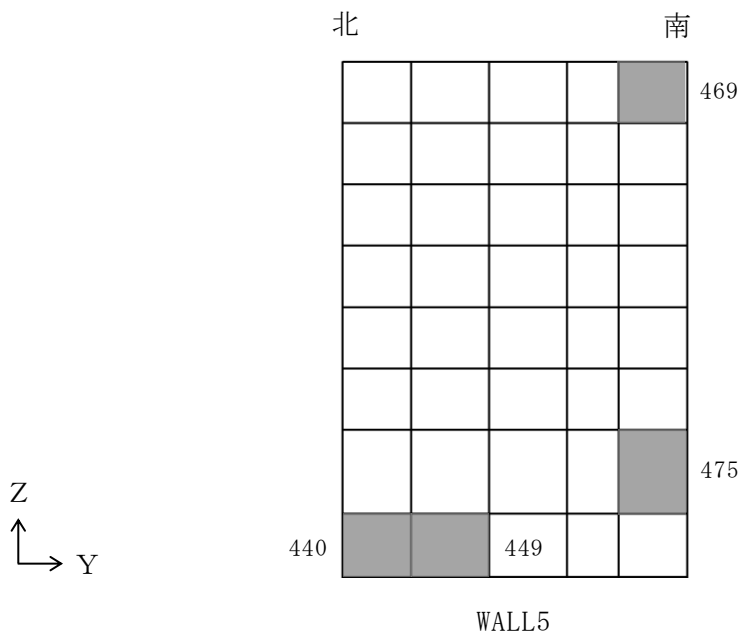
(b) 西側壁

図 3-1-8 選定した要素の位置  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)





(a) 南側壁



(b) 西側壁

図 3-1-9 選定した要素の位置  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

表 3-1-10 燃料プールの壁の評価結果  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
南側壁	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	128	3-20	0.180	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	122	3-8	1.46	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	139	3-8	3.55	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	107	3-20	2.58	4.39
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	74	3-17	0.557	1.41
西側壁	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	3-19	0.270	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	3-19	1.78	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	469	3-12	1.38	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	475	3-19	1.34	3.04
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	440	3-17	0.695	1.22

表 3-1-11 燃料プールの壁の評価結果  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
南側壁	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	128	2-12	0.170	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	85	2-10	1.40	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	139	2-4	3.31	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	107	2-12	2.37	4.39
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	74	2-9	0.550	1.42
西側壁	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	2-11	0.261	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	2-11	1.68	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	469	2-6	1.38	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	475	2-9	1.31	3.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	440	2-11	0.694	1.22

## (3) 原子炉建物基礎スラブの評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である原子炉建物基礎スラブについて評価を行う。

評価にあたっては、S<sub>s</sub>地震時に対して、3次元FEMモデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-9-3-4「原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書」（以下「基礎スラブの耐震計算書」という。）に示すものと同一である。

原子炉建物基礎スラブの概略平面図及び概略断面図を図3-1-10及び図3-1-11に示す。

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、基礎スラブの耐震計算書の「4.3 許容限界」に示す内容と同一である。

解析モデルの概要図を図3-1-12に示す。解析モデルの詳細は、基礎スラブの耐震計算書の「4.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

S<sub>s</sub>地震時の応力は、基礎スラブの耐震計算書の「4.5.1 応力解析方法」に示す次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G	: 固定荷重
P	: 積載荷重
S <sub>s</sub> S <sub>N</sub>	: S→N方向 S <sub>s</sub> 地震荷重（地震時土圧を含む）
S <sub>s</sub> S <sub>S</sub>	: N→S方向 S <sub>s</sub> 地震荷重（地震時土圧を含む）
S <sub>s</sub> S <sub>EW</sub>	: E→W方向 S <sub>s</sub> 地震荷重（地震時土圧を含む）
S <sub>s</sub> S <sub>WE</sub>	: W→E方向 S <sub>s</sub> 地震荷重（地震時土圧を含む）
S <sub>s</sub> S <sub>UD</sub>	: 鉛直方向（下向き） S <sub>s</sub> 地震荷重
S <sub>s</sub> S <sub>DU</sub>	: 鉛直方向（上向き） S <sub>s</sub> 地震荷重

基礎スラブの評価は、基礎スラブの耐震計算書の「4.5.2 断面の評価方法」に示す方法と同一である。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 3-1-13 及び図 3-1-14 に、評価結果を表 3-1-12 及び表 3-1-13 に示す。

S s 地震時における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。

以上より、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、原子炉建物基礎スラブが有する耐震性への影響がないことを確認した。

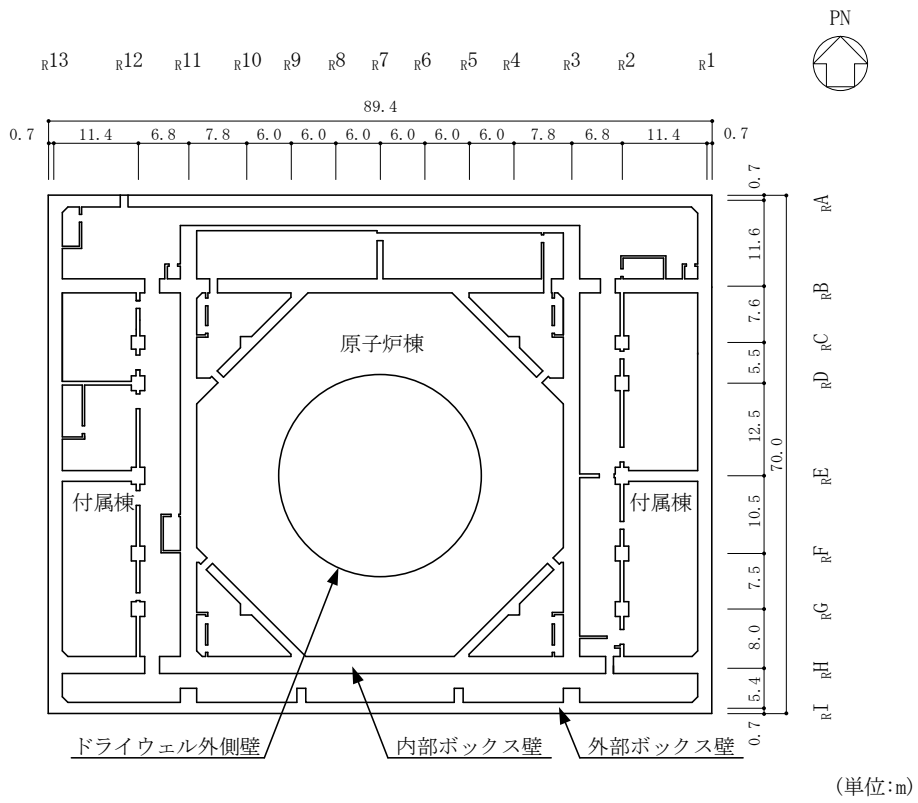
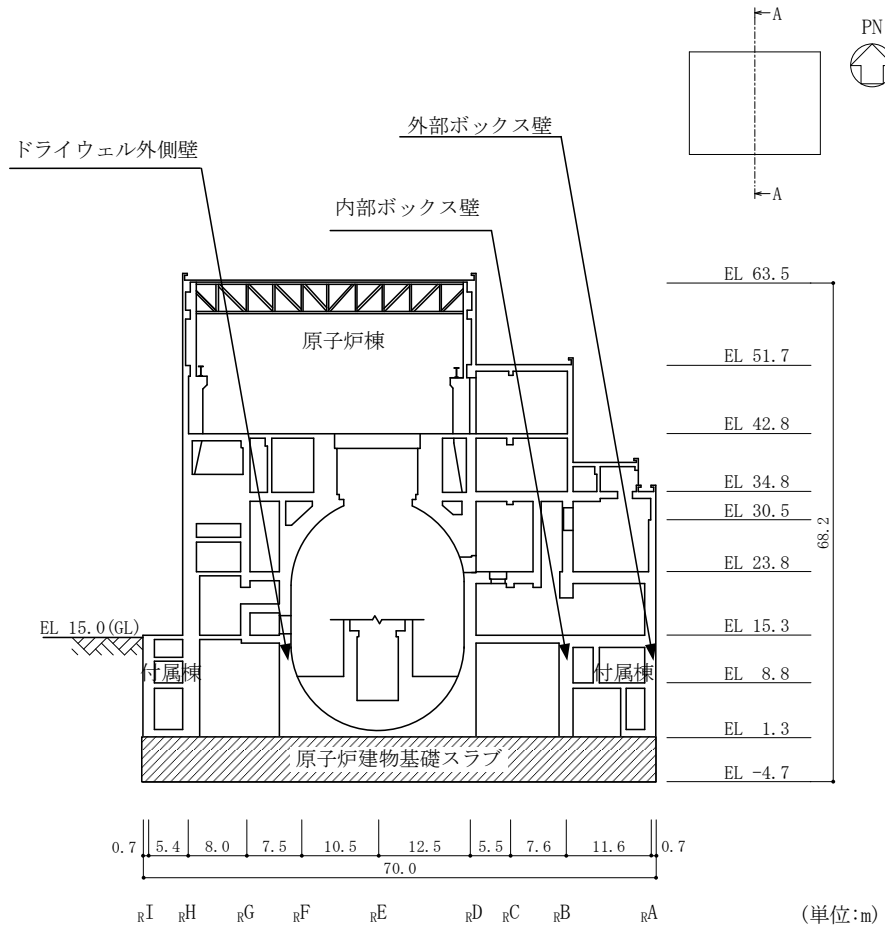
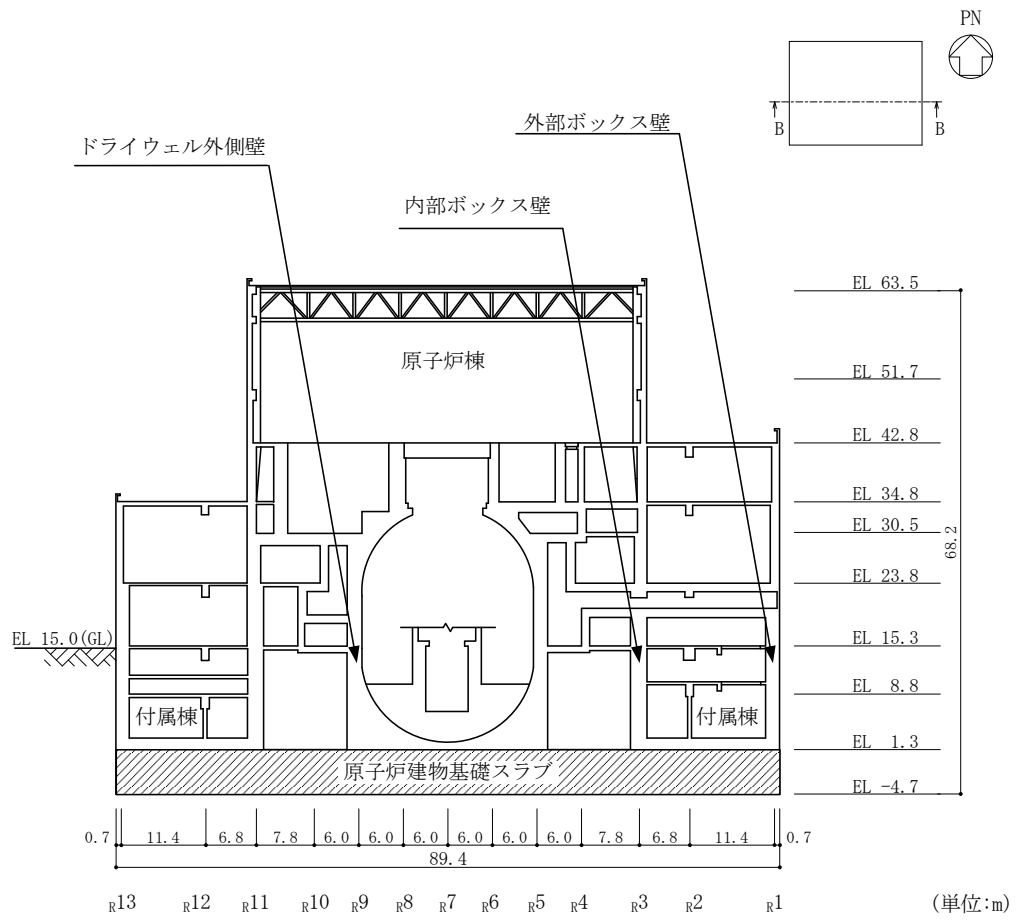


図 3-1-10 原子炉建物基礎スラブの概略平面図 (EL 1.3m)



(a) A-A断面, NS方向

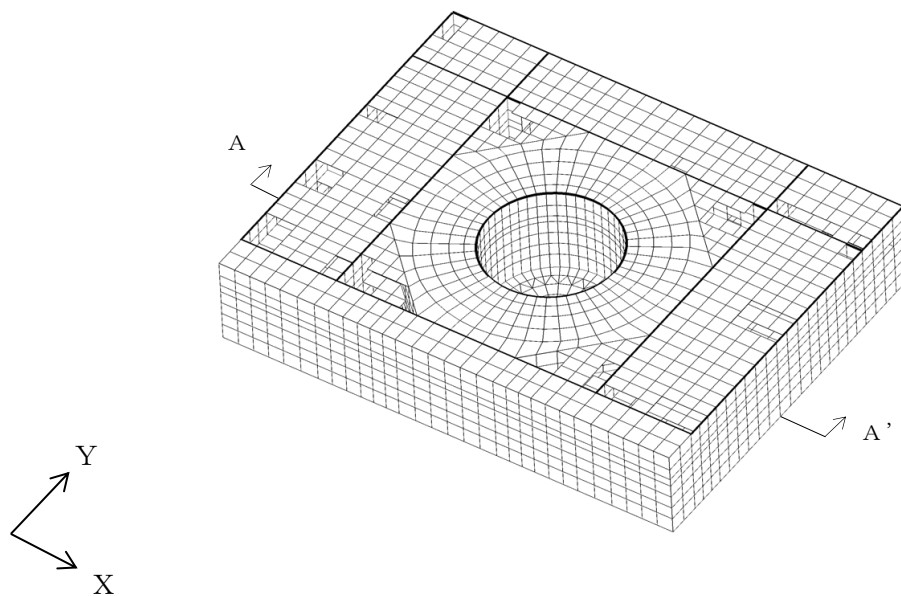
図 3-1-11(1) 原子炉建物基礎スラブの概略断面図



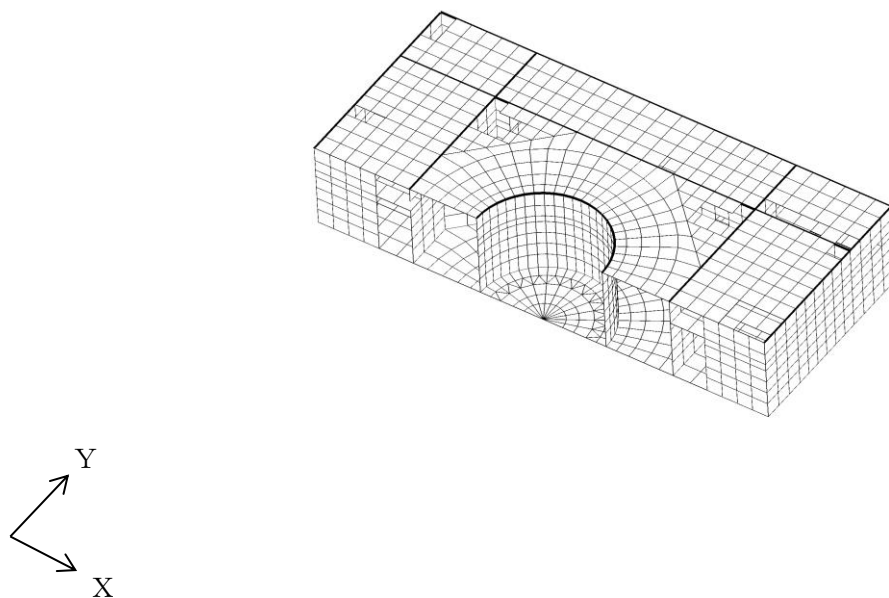
(b) B - B 断面, E W 方向

図 3-1-11(2) 原子炉建物基礎スラブの概略断面図



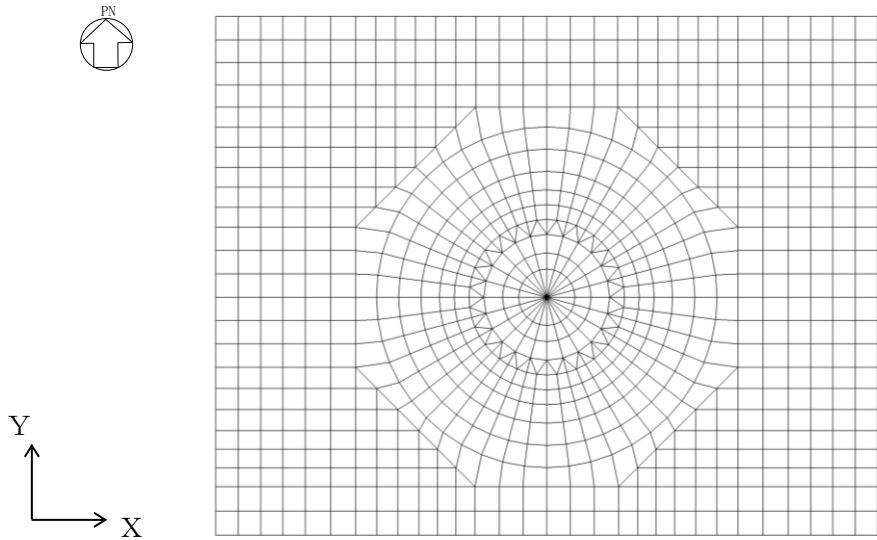


(a) 全体鳥瞰図



(b) 全体鳥瞰断面図 (A-A' 断面)

図 3-1-12(1) 解析モデルの概要図



(c) 基礎スラブ要素分割図

図 3-1-12(2) 解析モデルの概要図

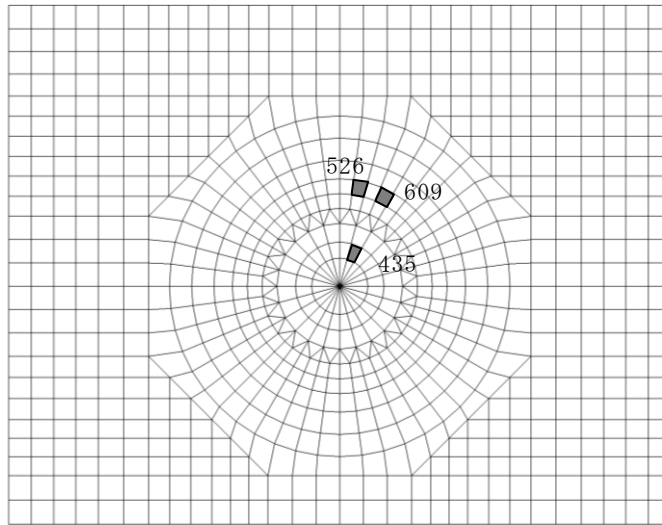


図 3-1-13 選定した要素の位置  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

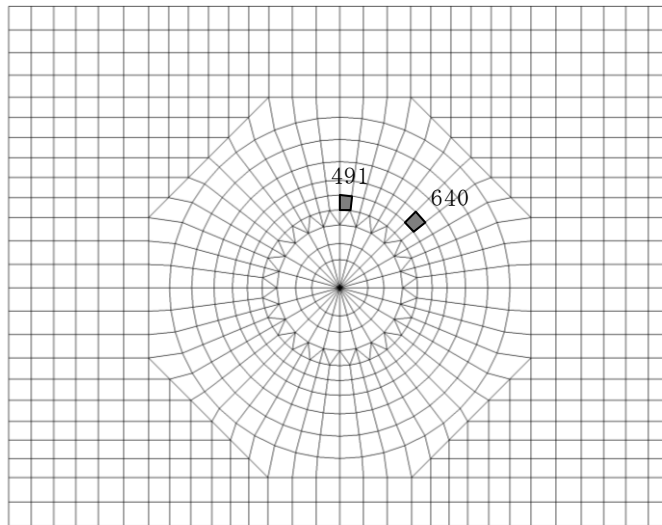


図 3-1-14 選定した要素の位置  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

表 3-1-12 原子炉建物基礎スラブの評価結果  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	609	3-9	0.376	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	放射	435	3-10	0.317	5.00
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN/m}$ )	N S	526	3-10	13.0	16.7

表 3-1-13 原子炉建物基礎スラブの評価結果  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	640	1-2	0.297	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	放射	491	1-2	0.221	5.00
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN/m}$ )	N S	491	1-1	7.79	10.4

### 3.1.5 原子炉建物3次元FEMモデルによる面外応答の耐震壁への影響検討結果

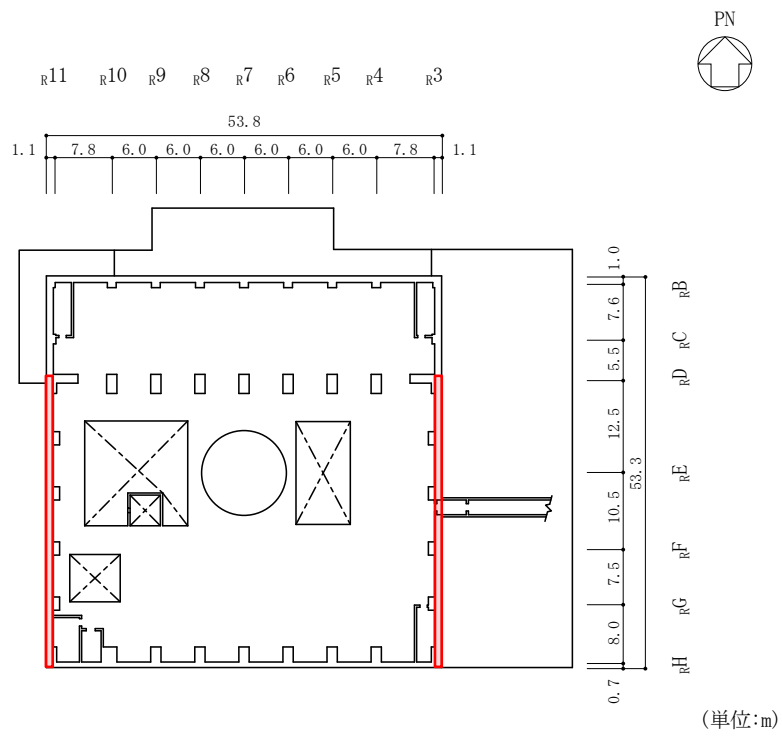
3次元FEMモデルの面外応答による影響検討対象として、原子炉建物燃料取替階レベルの壁を抽出し、面外応答による影響検討を行った結果、原子炉建物の燃料取替階レベルの東西面の壁には面外方向に大きな加速度が生じていることから、当該壁に対して、面外慣性力に対する断面の評価を行う。

Ss地震時の耐震壁の評価については、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」において、面内に生じるせん断ひずみが許容限界である $2.0 \times 10^{-3}$ を超えないことを確認している。そこで、原子炉建物燃料取替階レベルの壁に対する面外慣性力の検討にあたっては、Ss地震時の面外慣性力により鉄筋に生じる応力度が弾性範囲内であることを確認することで、面内に生じるせん断ひずみの評価に対して面外慣性力の影響が小さいことを確認する。

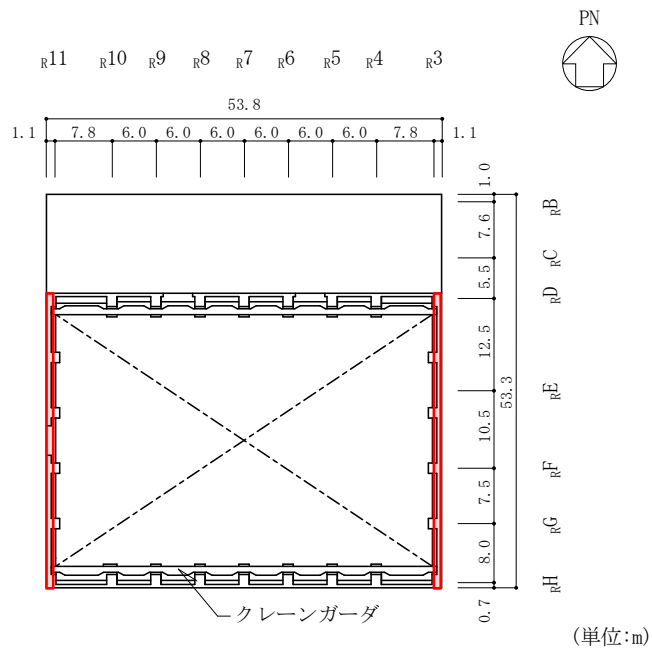
原子炉建物燃料取替階上部の概略平面図を図3-1-15に、解析モデルを図3-1-16に示す。解析モデルは、柱、はり及び床を境界条件として固定する。

評価結果を記載する部位は、面外慣性力によって生じる鉄筋応力度及び面外せん断力が最大となる部位とする。

評価結果を表3-1-14に示す。Ss地震時の面外慣性力に対する原子炉建物燃料取替階レベルの壁の断面評価の結果、鉄筋に生じる応力度が弾性範囲内であり、面内に生じるせん断ひずみの評価に対して面外慣性力の影響は小さいことを確認した。



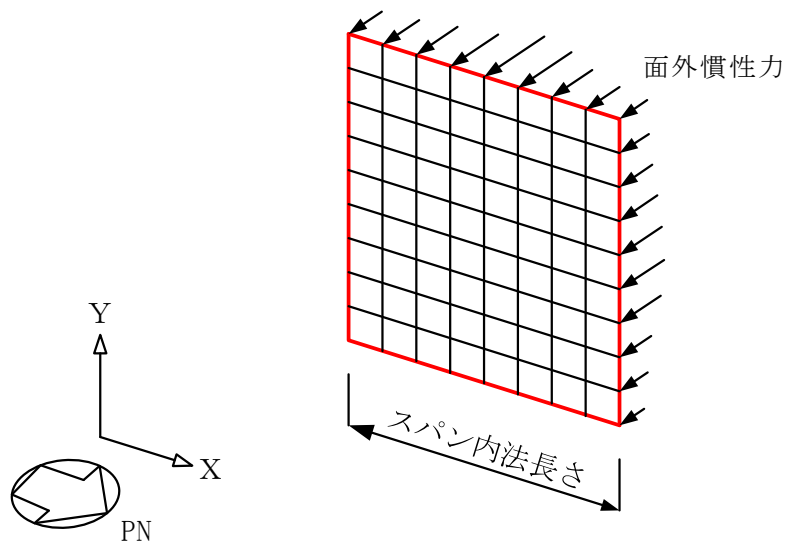
(a) EL 42.8m



(b) EL 51.7m

: 検討対象の壁を示す

図 3-1-15 原子炉建物燃料取替階上部の概略平面図



— : 固定端とする部分を示す

図 3-1-16 原子炉建物 3次元 FEMモデルによる面外応答の影響検討の解析モデル

表 3-1-14 耐震壁の評価結果  
(S s 地震時, 面外慣性力)

検討ケース		S s 地震時			
検討位置		東面壁 (R3 通り)		西面壁 (R11 通り)	
厚さ t (mm) ×幅 b (mm)		□×1000	□×1000	□×1000	□×1000
有効せい d (mm)		□	□	□	□
配筋	縦筋 (鉄筋断面積)	D29@200 (3210 mm <sup>2</sup> /m)	D35@200 (4785 mm <sup>2</sup> /m)	D29@200 (3210 mm <sup>2</sup> /m)	D35@200 (4785 mm <sup>2</sup> /m)
	横筋 (鉄筋断面積)	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)	D32@200 (3970 mm <sup>2</sup> /m)	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)	D32@200 (3970 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	方向	X 方向	X 方向	X 方向	X 方向
	発生曲げ モーメント M (kN・m/m)	283.8	155.5	217.9	195.8
	許容限界 (kN・m/m)	462.3	1105.9	462.3	1105.9
	検定値	0.62	0.15	0.48	0.18
面外せん断力	方向	X 方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	発生せん断力 Q (kN/m)	368.2	257.4	304.3	288.0
	許容限界 (kN/m)	867.9	1587.6	956.3	1587.6
	検定値	0.43	0.17	0.32	0.19
判定		可	可	可	可



## 3.2 機器・配管系

### 3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価設備の抽出

評価対象設備を機種ごとに分類した結果を表3-2-1に示す。機種ごとに分類した設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

#### (1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

水平1方向の地震力に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性のある設備を抽出する。以下の場合には、水平2方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した。

なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる機器を分類しているが、水平1方向地震力による裕度が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

#### a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの

制御棒・破損燃料貯蔵ラックのサポートや横置き容器等は、水平2方向の地震力を想定した場合、水平1方向を拘束する構造であることや水平各方向で振動特性及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより、特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため、水平1方向の地震力しか負担しないものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平1方向の地震力しか負担しないものを分類した。

#### b. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの

一様断面を有する容器類の胴板等は、水平2方向の地震力を想定した場合、それぞれの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから、最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。その他の設備についても同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものを分類した。

#### c. 水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等といえるもの

原子炉圧力容器スタビライザ、原子炉格納容器スタビライザ及びシヤラグは、

周方向 8 箇所を支持する構造で配置され、水平 1 方向の地震力を 6 体で支持する設計としており、水平 2 方向の地震力を想定した場合、地震力を負担する部位が増え、また、最大反力を受けもつ部位が異なることで、水平 1 方向の地震力による荷重と水平 2 方向の地震力を想定した場合における荷重が同等になるものであり、水平 2 方向の地震力を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等のものと分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等のものと分類した。

- d. 工認耐震計算書において、水平 2 方向を考慮した評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケットは、工認耐震計算書において、水平 2 方向地震を考慮した評価を行っているため、水平 2 方向の影響を考慮しても影響がないものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平 2 方向の影響を考慮しても影響がないものを分類した。

- (2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている機器は、評価上有意なねじれ振動は発生しない。

一方、3 次元的な広がりを持つ配管系等は、系全体として考えた場合、有意なねじれ振動が発生する可能性がある。しかし、水平方向とその直交方向が相関する振動モードが想定される設備は、従来設計より 3 次元のモデル化を行っており、その振動モードは適切に考慮した評価としているため、この観点から抽出される設備はなかった。

- (3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)(2)において影響の可能性のある設備について、水平 2 方向の地震力が各方向 1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値を比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

水平 1 方向に対する水平 2 方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。水平 2 方向の地震力の組合せは米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮した Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares 法（以下「S

R S S法」という。)又は組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。算出の方法を以下に示す。

- ・従来の評価データを用いた簡易的な算出では、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみ組み合わせた後、地震以外による応力と組み合わせで算出する。
- ・設備(部位)によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、上記組合せによる発生値を設計荷重が上回ることを確認したものは、水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- ・応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。

### 3.2.2 建物・構築物，屋外重要土木構造物等，津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1 項，3.3 項及び 3.4 項における建物・構築物，屋外重要土木構造物等，津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の影響評価において機器・配管系への影響を検討した結果，耐震性への影響が懸念される部位は抽出されなかった。

### 3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価設備の抽出結果

3.2.1 項で検討した，水平 2 方向の地震力が重畳する観点，水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点，水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力増分の観点で，水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出した結果を表 3-2-2 に示す。

### 3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

3.2.1 項の観点から抽出される設備について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を以下の方法により算出する。

発生値の算出における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せは，米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮した S R S S 法又は組合せ係数法を適用する。

#### (1) 従来評価データを用いた算出

従来 of 水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を用いて，以下の条件により水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する発生値を算出することを基本とする。

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出している設備は，水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて水平 2 方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平 1 方向と鉛直方向の地震力を組み合わせたうえで従来の発生値を各方向で算出している設備は，鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平 2 方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平方向を包絡した地震力と鉛直方向地震力を組み合わせたうえで従来の発生値を算出している設備は，鉛直方向を含んだ水平各方向同一の発生値を組み合わせて水平 2 方向を考慮した発生値の算出を行う。

また，算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。

- ・発生値が地震以外の応力成分を含む場合，地震による応力成分と地震以外の応力成分を分けて算出する。

### 3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果

3.2.1項の観点から3.2.3項で抽出した以下の設備に対して、3.2.4項の影響評価条件で算出した発生値に対して設備が有する耐震性への影響を確認した。評価した内容を設備ごとに以下に示し、その影響評価結果については重大事故時等の状態も考慮した結果を表3-2-3に示す。

#### (1) 水密扉（建物内、ディーゼル燃料移送ポンプエリア）

工認耐震計算書では、水平1方向及び鉛直方向の組合せによる最大応答加速度を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記発生値をS R S S法により組み合わせることで算定し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

#### (2) 制御棒挿入性

工認耐震計算書では、地震応答解析により算定される水平1方向の燃料集合体の相対変位を用いて評価を実施している。水平2方向地震力による評価は、組合せ係数法（1.0：0.4）を用いて燃料集合体相対変位を算出し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

### 3.2.6 原子炉建物3次元F E Mモデルによる機器・配管系への影響検討結果（面外応答）

「建物・構築物、屋外重要土木構造物等、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出」の観点で原子炉建物3次元F E Mモデルによる面外応答の影響が大きい燃料取替床レベルの壁及び床に設置される機器・配管系について面外応答影響を検討した。面外応答の影響検討フローを図3-2-1に示す。

簡易評価の結果、一部の設備（3設備）を除き、条件比率が設備の裕度以下であることを確認した。また、簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回った3設備に対して詳細評価を行った結果、いずれも発生値が許容値以下であることを確認した。

詳細評価による発生値が当該設備の耐震計算書における発生値を上回る設備（1設備）の詳細評価条件を表3-2-4、詳細評価結果を表3-2-5に示す。

影響検討の結果から、面外応答による影響を考慮しても機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

### 3.2.7 原子炉建物3次元F E Mモデルによる機器・配管系への影響検討結果（質点系モデルの応答超過）

3次元F E Mモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることから、機器・配管系への影響を検討した。影響検討フローは図3-2-1と同様である。

簡易評価の結果、一部の設備（6設備）を除き、条件比率が設備の裕度以下であることを確認した。また、簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回った6設備に

対して詳細評価を行った結果、いずれも発生値が許容値以下であることを確認した。

詳細評価による発生値が当該設備の耐震計算書における発生値を上回る設備（2設備）の詳細評価結果を表3-2-6、詳細評価に用いた床応答スペクトルを図3-2-2に示す。

影響検討の結果から、3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることを考慮しても機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

### 3.2.8 まとめ

機器・配管系において、水平2方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮したうえで抽出し、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、工認耐震計算書の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足し、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

本影響評価は、水平2方向及び鉛直方向地震力により設備が有する耐震性への影響を確認することを目的としている。そのため、工認耐震計算書の発生値をそのまま用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており、以下に示す保守側となる要因を含んでいる。

- ・工認耐震計算書の発生値（水平1方向及び鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分の組合せ）に対して、係数( $\sqrt{2}$ )を乗じて水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出しているため、係数を乗じる必要のない鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分についても係数を乗じている。
- ・工認耐震計算書において水平各方向を包絡した床応答スペクトルを各方向に入力している設備は各方向の大きい方の地震力が水平2方向に働くことを想定した発生値として算出している。

以上のことから、水平2方向及び鉛直方向地震力については、機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

また、原子炉建物3次元FEMモデルの面外応答による影響及び3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることを踏まえて機器・配管系への影響検討を実施した。その結果、3次元FEMモデルによる影響を考慮しても機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (1/13)

設備		部位
燃料集合体		燃料被覆管
炉心支持構造物	炉心シュラウド	上部胴
		下部胴
		中間胴
		上部格子板支持面 炉心支持板支持面
	シュラウドサポート	レグ
		シリンダ プレート 下部胴
		グリッドプレート
	上部格子板	グリッドプレート
	炉心支持板	補強ビーム 支持板
		スタッド
燃料支持金具	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具	
制御棒案内管	下部溶接部 長手中央部	
原子炉圧力容器	円筒胴	円筒胴
	下鏡	下鏡
		下鏡と円筒胴の接合部 原子炉圧力容器支持スカートと円筒胴の接合部
	制御棒貫通孔	ハウジング
		スタブチューブ
	原子炉中性子計装孔	原子炉中性子計装ハウジング
	ノズル	各部位
	ブラケット類	スタビライザブラケット
蒸気乾燥器支持ブラケット		
炉心スプレイブラケット		
給水スパーチャブラケット		

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (2/13)

設備		部位
原子炉圧力容器 支持構造物	原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト
	原子炉圧力容器支持スカート	支持スカート
原子炉圧力容器 付属構造物	原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド
		ブラケット
	原子炉格納容器スタビライザ	パイプ
		フランジボルト
		ガセットプレート
	制御棒駆動機構ハウジング支持金具	レストレントビーム一般部
		レストレントビーム端部 レストレントビーム結合ボルト
ジェットポンプ計測配管貫通部シール	貫通部シール	
差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーよりN11ノズルまでの外管）	差圧検出管	
原子炉圧力容器 内部構造物	蒸気乾燥器	蒸気乾燥器ユニット
		耐震用ブロック
	気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 原子炉中性子計装案内管	各部位
	スパージャ 炉内配管	各部位
	ジェットポンプ	ライザ ディフューザ ライザブレース
使用済燃料貯蔵ラック	ラック部材 (板, シートプレート及びラックベース)	
	ラック取付ボルト 基礎ボルト	



表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (3/13)

設備	部位
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック
	サポート
	底部基礎ボルト
	サポート部基礎ボルト
燃料プール水位・温度 (SA)	架構
	ワークテーブルフック
	基礎ボルト
燃料プール水位 (SA)	検出器保護管
	検出器架台基礎ボルト
燃料プール監視カメラ	基礎ボルト
	取付ボルト
燃料プール監視カメラ用冷却設備	基礎ボルト
	取付ボルト
アキュムレータ	胴板
	脚
残留熱除去系熱交換器	胴板
	ラグ
	基礎ボルト
	追設基礎ボルト
立形ポンプ	コラムパイプ
	バレルケーシング
	基礎ボルト
	取付ボルト
ECCSストレーナ 原子炉隔離時冷却系ストレーナ	各部位 (フランジ, 取付ボルト以外)
	フランジ
	ボルト
ECCSストレーナ部ティー 原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティー	ティー
	フランジ
ECCSストレーナ取付部コネクタ	コネクタ フランジ

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (4/13)

設備	部位
ECCS ストレーナ取付部サポート	サポートパイプ サポートパイプ溶接部 サポートプレート サポートボルト
横形ポンプ 補機海水ストレーナ ポンプ駆動用タービン 空調ファン 空調ユニット	基礎ボルト 取付ボルト
原子炉補機冷却系熱交換器	胴板
	脚
	基礎ボルト
	連結板
横置円筒形容器	胴板
	脚
	基礎ボルト
たて置円筒形容器 (スカート支持)	胴板
	スカート
	基礎ボルト
制御棒駆動機構	フランジ
水圧制御ユニット	フレーム
	取付ボルト
平底たて置円筒形容器	胴板
	基礎ボルト
核計測装置	各部位
伝送器 (矩形床置)	基礎ボルト
	取付ボルト
伝送器 (矩形壁掛)	基礎ボルト
	溶接部
伝送器 (サポート鋼材固定)	基礎ボルト
	溶接部

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (5/13)

設備		部位
制御盤, 電気盤 (矩形床置)		基礎ボルト 取付ボルト
制御盤, 電気盤 (矩形壁掛)		基礎ボルト 取付ボルト
		溶接部
モニタリング設備 (矩形床置)		取付ボルト
モニタリング設備 (矩形壁掛)		基礎ボルト 取付ボルト
通信連絡設備 (アンテナ類) (矩形床置)		基礎ボルト
通信連絡設備 (アンテナ類) (矩形壁掛)		基礎ボルト
		取付ボルト
ダクト本体, サポート		ダクト本体 (矩形)
		ダクト本体 (円形)
		サポート
中央制御室待避室遮蔽		構造フレーム (鉄骨, 鋼板)
		基礎ボルト 遮蔽パネル接合部ボルト
		構造フレーム接合部高力ボルト
		遮蔽パネル 気密用鋼板
原子炉格納容器	ドライウエル	ドライウエル上ふた球形部とナックル部の接合部
		円筒部とナックル部の接合部
		ナックル部と球形部の接合部
		球形部の板厚変化部
		球形部と円筒部の接合部
		円筒部と球形部の接合部
		円筒部
基部		

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (6/13)

設備		部位	
原子炉格納容器	サプレッションチェンバ	サプレッションチェンバ胴中央部上部 サプレッションチェンバ胴中央部下部 サプレッションチェンバ胴中央部内側 サプレッションチェンバ胴中央部外側	
		サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部	
	シヤラグ	内側メイルシヤラグ 外側メイルシヤラグ 内側フィメイルシヤラグ 内側フィメイルシヤラグリブ付根部 外側フィメイルシヤラグ	
		内側メイルシヤラグ接触部 外側メイルシヤラグ接触部 内側フィメイルシヤラグ接触部 外側フィメイルシヤラグ接触部 コンクリート (ベースプレート部, シヤプレート部)	
		基礎ボルト	
		ベースプレート シヤプレート	
		内側シヤラグサポート	
		シヤラグ取付部	
		サプレッションチェンバサポート	サポート ベースとベースプレートの接合部
			シアキー
ベースプレート			
シアプレート			

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (7/13)

設備		部位
原子炉格納容器	サプレッションチェンバサポート	コンクリート
		ボルト
		基礎ボルト
	ハッチ類	ハッチ円筒胴
		ハッチ本体と補強板との結合部
	原子炉格納容器配管貫通部	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部
		スリーブ
原子炉格納容器電気配線貫通部	ドライウエルとスリーブとの結合部	
真空破壊装置	スリーブ	
	スリーブとベント管との結合部	
ダウンカマ	ダウンカマ	
	ベントヘッダとダウンカマの結合部	
ベント管	ヘッダ接続部	
	ベント管円筒部	
	ベント管とドライウエルとの接合部	
ベント管ベローズ	ベント管ベローズ	
ベントヘッダ	ベントヘッダ	
	ベントヘッダ補強リング取付部	
	ベントヘッダサポート	
	サプレッションチェンバ補強リング	
	ボルト	
ドライウエルスプレイ管	上部スプレイ管案内管	
	上部スプレイ管ティー部	
	上部スプレイ管案内管サポート	
	下部スプレイ管	
	下部スプレイ管案内管	
	下部スプレイ管ティー部	
	下部スプレイ管サポート	

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (8/13)

設備	部位
サプレッションチェンバースプレイ管	スプレイ管
	スプレイ管えび状の管部
	スプレイ管ティー部
	スプレイ管案内管
	スプレイ管サポート
ブローアウトパネル閉止装置	シャフト
	コネクタ
	軸受取付ボルト
	駆動部取付ボルト
	取付ボルト 基礎ボルト
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	ブレース
	ベース取付溶接部
可燃性ガス濃度制御系再結合装置	基礎ボルト
静的触媒式水素処理装置	静的触媒式水素処理装置本体
	架台
	取付ボルト
	基礎ボルト
遠隔手動弁操作設備	基礎ボルト
	取付ボルト
ディーゼル発電機	基礎ボルト
	取付ボルト
ガスタービン発電機	基礎ボルト
	取付ボルト
その他電源設備	基礎ボルト
	取付ボルト
配管本体, サポート (多質点はりモデル解析)	配管, サポート
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	ヒンジ部 (ヒンジ板)
	ヒンジ部 (ヒンジピン)
	ヒンジ部 (ヒンジボルト)
	カンヌキ部
	アンカーボルト

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (9/13)

設備	部位
1号機取水槽流路縮小工	縮小板
	固定ボルト
	取水管（フランジ部）
	取水管（管胴部）
屋外排水路逆止弁	扉体部
	固定部
取水槽除じん機エリア水密扉（北）	ヒンジ部
	カンヌキ部
	アンカーボルト
取水槽除じん機エリア水密扉（東） 取水槽除じん機エリア水密扉（西）	扉板
	芯材
	外部縦柱
	水密扉戸当り用支柱
	固定プレート
	締付ボルト
水密扉（建物内，ディーゼル燃料移送ポンプエリア）	外部縦柱固定ボルト
	アンカーボルト
	ヒンジ部
	カンヌキ部
	アンカーボルト
	パネル部（パネル板）
	パネル部（パネル芯材）
パネル部（柱，はり）	
パネル部（アンカーボルト）	
防水壁（ディーゼル燃料移送ポンプエリア）	鋼板
	胴縁
	はり
	柱
	ブレース
	アンカーボルト

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (10/13)

設備	部位
堰 (柱支持型)	鋼板
	はり材
	柱材
堰 (鋼板折曲げ型)	アンカーボルト
	鋼板
	アンカーボルト
堰 (鉄筋コンクリート製)	アンカー筋
	主筋
	堰底部のコンクリート
防水板	鋼板
	芯材
	アンカーボルト
床ドレン逆止弁	弁本体
	フロートガイド
	基礎ボルト
貫通部止水処置	モルタル
	電路貫通部金属ボックスのアンカーボルト
津波監視カメラ	架台
	架台溶接部
	取付ボルト
	架台基礎ボルト
取水槽水位計	基礎ボルト
原子炉本体の基礎	円筒部
	たてリブ
	基礎ボルト
	ベースプレート
建物開口部竜巻防護対策設備 (竜巻防護ネット対策設備)	フレーム
	アンカーボルト
建物開口部竜巻防護対策設備 (竜巻防護鋼板対策設備)	フレーム
	アンカーボルト



表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (11/13)

設備	部位
取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備	鋼板
	架構
	ベースプレート
	アンカーボルト
取水槽海水ポンプエリア防護対策設備	鋼板
	はり
	柱
	架構
	ベースプレート
原子炉建物天井クレーン	アンカーボルト
	クレーン本体ガーダ
	落下防止ラグ
	トロリストopp
	トロリ
燃料取替機	吊具
	燃料取替機構造物フレーム
	ブリッジ脱線防止ラグ (本体)
	トロリ脱線防止ラグ (本体)
	走行レール
	横行レール
	ブリッジ脱線防止ラグ (取付ボルト)
	トロリ脱線防止ラグ (取付ボルト)
	吊具 (ワイヤロープ)
吊具 (先端金具)	
チャンネル着脱装置	ガイドレール
	カート
	固定ボルト
	ローラチェーン

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (12/13)

設備	部位
チャンネル取扱ブーム	ブーム
	回転ポスト
	固定ポスト
	基礎ボルト
制御棒貯蔵ハンガ	制御棒落下防止ポール
	ポール支持金具
	基礎ボルト
原子炉浄化系補助熱交換器	胴板
	脚
	基礎ボルト
	追設基礎ボルト
中央制御室天井照明	補強材
	支持鋼材
	補強斜材
	取付ボルト (照明ボルト)
	継手ボルト
	基礎ボルト
防煙垂れ壁	溶接部
	フレーム部材
タービン補機冷却系熱交換器	基礎ボルト
	追設基礎ボルト
	脚
主排気ダクト	ダクト本体
	支持構造物部材
	支持装置

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (13/13)

設備	部位
取水槽ガントリクレーン	クレーン本体ガード 走行車輪 走行レール
	脚 脚下部継ぎ ガード継ぎ
	転倒防止装置アーム
	トロリストopp
	トロリ
	吊具
	単軸粘性ダンパ
	ブレース
	クレビス
除じん機	フレーム取付ボルト
	フレーム耐震サポート
	フレーム耐震ピン
	アジャストボルト
	尾軸取付ボルト
循環水ポンプ渦防止板	鋼板
	支持梁
	ブラケット
	取付ボルト
	基礎ボルト
原子炉ウェルシールドプラグ	シールドプラグ本体
	支持部
耐火障壁	フレーム部材
	基礎ボルト
ガンマ線遮蔽壁	胴基部
	開口集中部

表3-2-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり

△：影響軽微

## (1) 構造強度評価

設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1項(1)水平2方向の地震力が重畳する観点及び(2)の観点水平方向とその直交方向が関連する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点	3.2.1項(3)水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
水密扉(建物内, ディーゼル燃料移送ポンプエリア)	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照

(凡例) ○：影響の可能性あり

△：影響軽微

## (2) 機能維持評価

設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1項(1)水平2方向の地震力が重畳する観点及び(2)の観点水平方向とその直交方向が関連する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点	3.2.1項(3)水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
制御棒挿入性	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照

表3-2-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

## (1) 構造強度評価

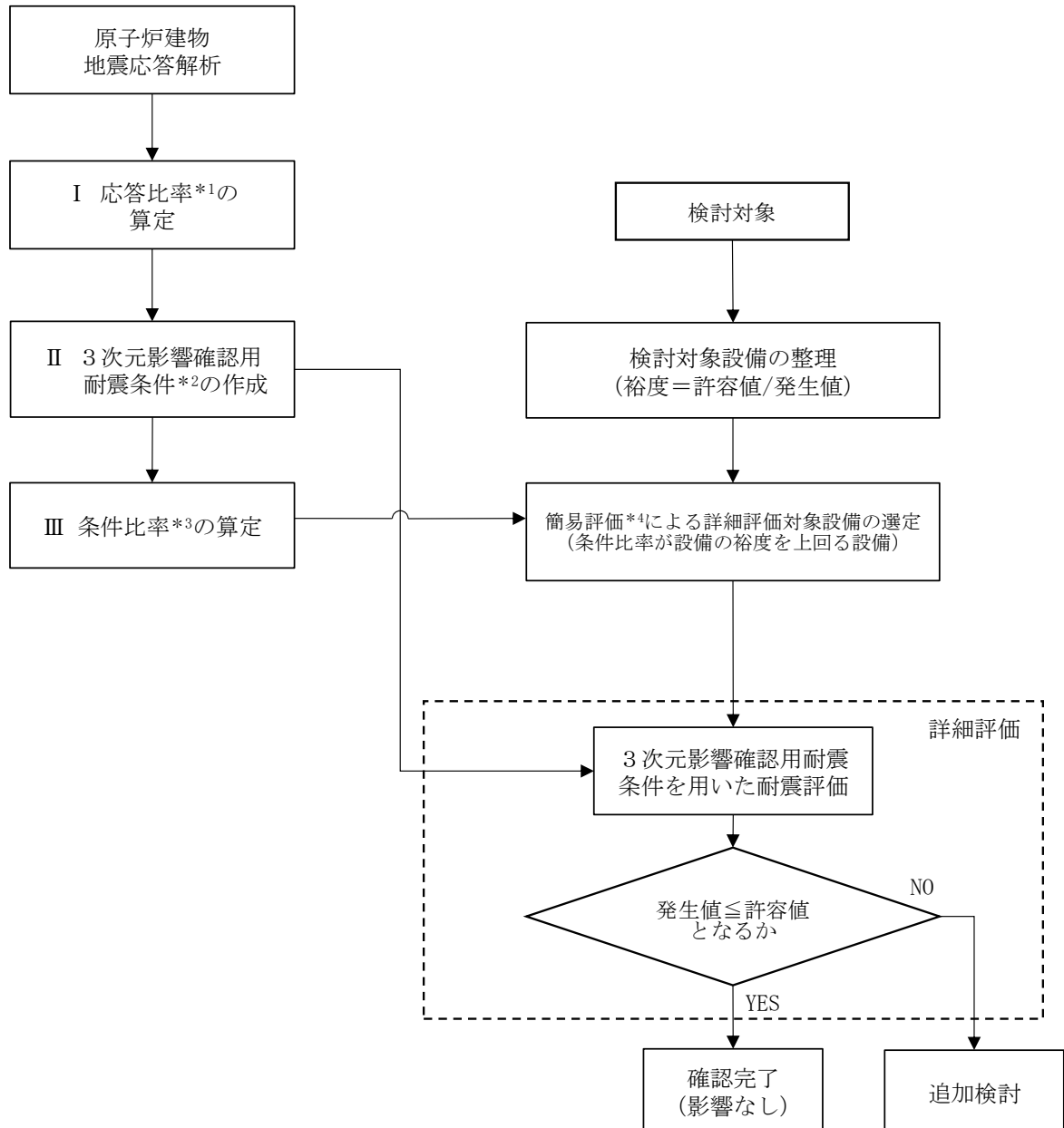
評価対象設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					備考	
	評価部位	応力分類	1方向入力 発生値	2方向入力 発生値	許容値		判定
水密扉（建物内、ディーゼル燃料移送ポンプエリア）	ヒンジ部	曲げ応力	265	275	345	○	単位：N/mm <sup>2</sup>
		組合せ応力	268	278	345	○	単位：N/mm <sup>2</sup>

## (2) 機能維持評価

評価対象設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				備考
	1方向入力 相対変位	2方向入力 相対変位	確認済相対変位	判定	
制御棒挿入性	35.0	35.8*	40	○	単位：mm

注記\*：燃料集合体の相対変位が最大となる基準地震動 S<sub>s</sub>-F1（地盤物性-σ ケース）における N S 方向の最大相対変位 18.6mm,

E W 方向の最大相対変位 35.0mm に組合せ係数法を適用し、ベクトル和にて算出  $\left( \sqrt{(35.0 \times 1.0)^2 + (18.6 \times 0.4)^2} = 35.8\text{mm} \right)$



- 注記\*1：応答比率＝3次元FEMモデルの応答（S d 5波\*5）／質点系モデルの応答（S d 5波\*5）  
 \*2：3次元影響確認用耐震条件＝質点系モデルの応答 基本ケース\*6（S s 5波\*7）×応答比率  
 \*3：条件比率＝3次元影響確認用耐震条件／耐震計算に用いる設計条件  
 \*4：刺激係数を考慮した条件比率を用いた評価を含む。  
 \*5：S d 5波は，弾性設計用地震動S d-D，F 1，F 2，N 1及びN 2  
 \*6：VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す基本ケース  
 \*7：S s 5波は，基準地震動S s-D，F 1，F 2，N 1及びN 2

図3-2-1 原子炉建物3次元FEMモデルの面外応答に係る機器・配管系への影響検討フロー

表 3-2-4 原子炉建物 3次元 F E Mモデルによる機器・配管系への影響（面外応答）を  
検討した詳細評価条件（基準地震動 S s）

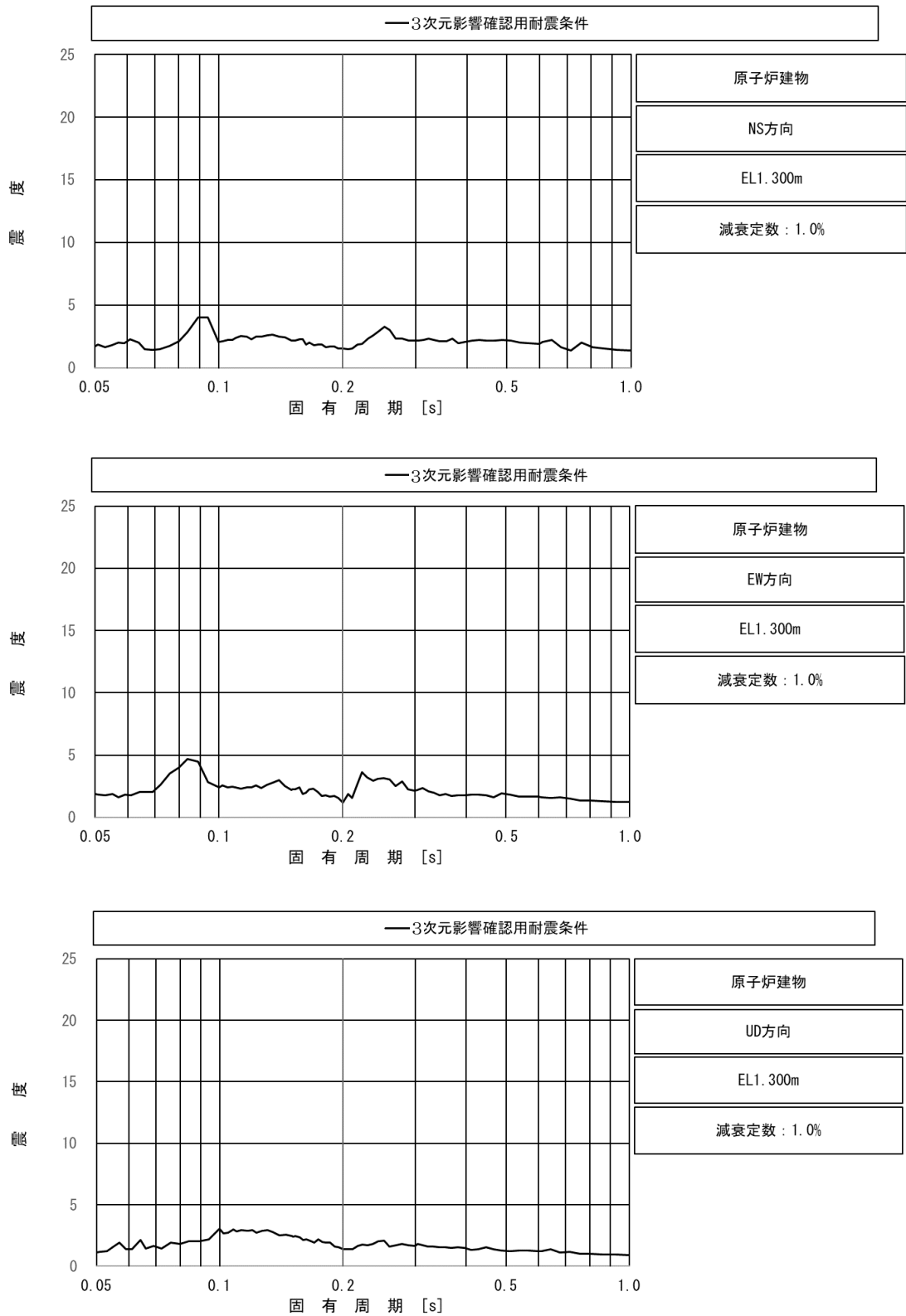
設備名称	設計用最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ )	影響評価用最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ )
原子炉建物天井クレーン	2.27	4.25

表 3-2-5 原子炉建物 3次元 F E Mモデルによる機器・配管系への影響（面外応答）を  
検討した詳細評価結果（基準地震動 S s）

設備名称	評価部位	応力分類	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	評価結果
原子炉 建物天井クレーン	落下防止ラグ	圧縮	250	254	○

表 3-2-6 原子炉建物 3次元 F E Mモデルによる機器・配管系への影響（質点系モデル  
の応答超過）を検討した詳細評価結果（基準地震動 S s）

設備名称	評価部位	応力分類	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	評価結果
サプレッション チェンバ	サプレッション チェンバ 胴エビ継部外側	一次+二次応力	598	501	○
		疲労	0.1465	1	
サプレッション チェンバサポート	ベースプレート (コンクリート反力側)	組合せ応力	298	298	○



上段：水平方向（NS）床応答スペクトル

中段：水平方向（EW）床応答スペクトル

下段：鉛直方向床応答スペクトル

図 3-2-2 サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバサポートの 3次元影響確認用耐震条件



### 3.3 屋外重要土木構造物等

#### 3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出

##### (1) 構造形式の分類

図3-3-1に屋外重要土木構造物等\*の配置図を示す。

屋外重要土木構造物等は、その構造形式より1)箱型構造物、2)線状構造物、3)円筒状構造物、4)直接基礎、5)管路構造物及び6)鉄骨構造の6つに大別される。

屋外重要土木構造物等の構造形式を表3-3-1に示す。

注記\*：屋外重要土木構造物、重大事故等対処施設のうち土木構造物、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物及び1号機取水槽北側壁を「屋外重要土木構造物等」という。

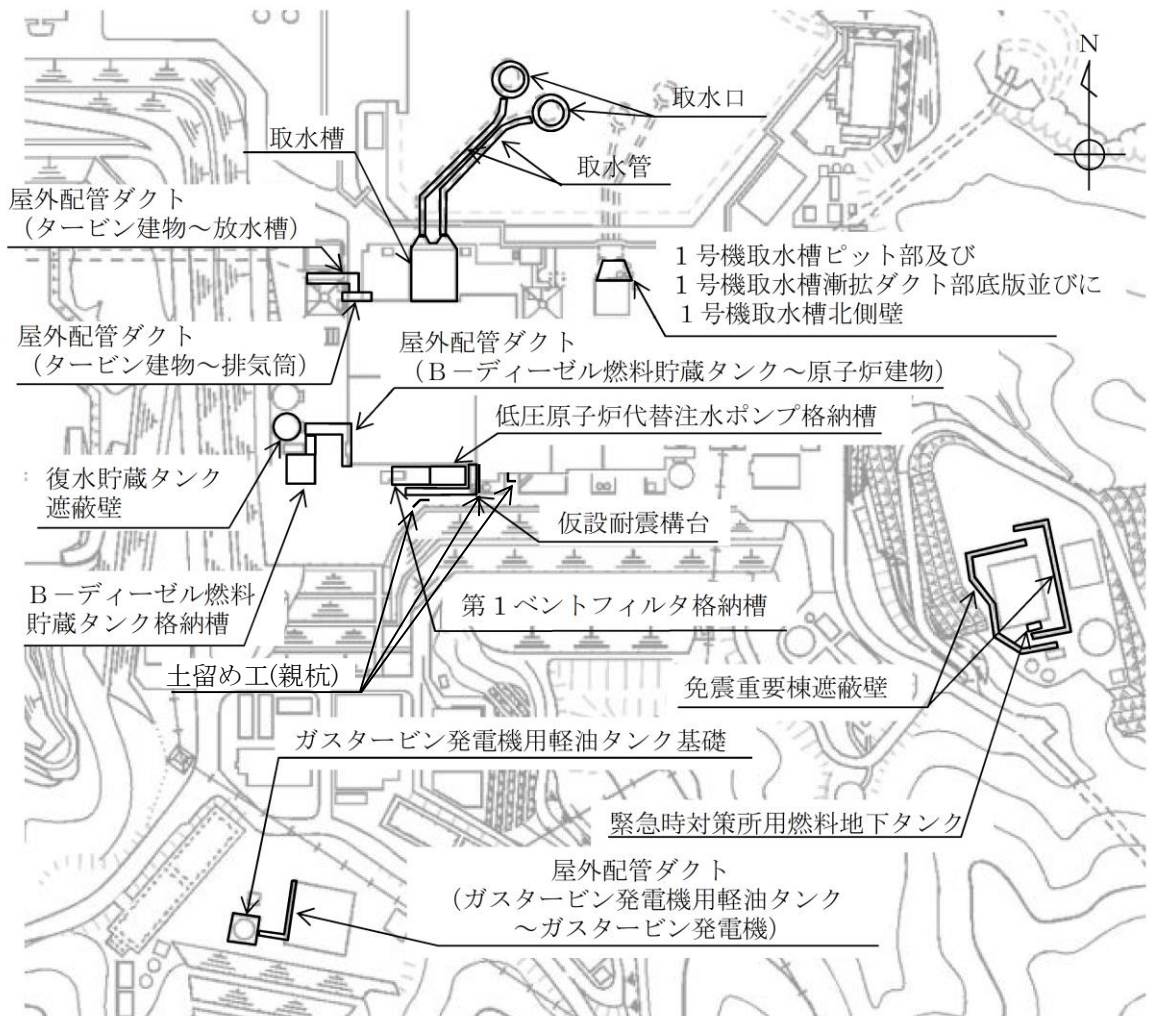


図3-3-1 屋外重要土木構造物等 配置図

表 3-3-1 屋外重要土木構造物等の構造形式

構造物名称	要求機能					
	1)箱型 構造物	2)線状 構造物	3)円筒状 構造物	4)直接 基礎	5)管路 構造物	6)鉄骨 構造
取水槽	○					
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)		○				
B-ディーゼル燃料 貯蔵タンク格納槽	○					
屋外配管ダクト (B-ディー ゼル燃料貯蔵タンク ～原子炉建物)		○				
屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)		○				
取水管					○	
取水口			○			
第1ベントフィルタ格納槽	○					
低圧原子炉代替 注水ポンプ格納槽	○					
緊急時対策所用 燃料地下タンク	○					
ガスタービン発電機用 軽油タンク基礎				○		
屋外配管ダクト (ガスタービ ン発電機用軽油タンク ～ガスタービン発電機)		○				
免震重要棟遮蔽壁		○				
復水貯蔵タンク遮蔽壁			○			
1号機取水槽ピット部及び1 号機取水槽漸拡ダクト部底版 並びに1号機取水槽北側壁	○					
仮設耐震構台						○
土留め工 (親杭)		○				

(2) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

表 3-3-2 に従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。  
 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

表 3-3-2 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ*
① 動土圧及び動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して、平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	
② 摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	
③ 慣性力	躯体に作用する慣性力	

注記\*：作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

評価対象構造物の地震時の挙動は、躯体が主に地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.3.1(2)で整理した荷重のうち「②摩擦力」や「③慣性力」は、「①動土圧及び動水圧」と比較するとその影響は小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、「①動土圧及び動水圧」による影響を考慮する。ただし、「3)円筒状構造物」及び「4)直接基礎」のうち、地上に設置されている構造物の場合、「③慣性力」の影響が大きくなることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、「③慣性力」による影響を考慮する。

表3-3-3に、3.3.1(1)で整理した構造形式ごとに、3.3.1(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

「1)箱型構造物」は、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有することから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「①動土圧及び動水圧」が作用する。

「2)線状構造物」については、その構造上の特徴として、妻壁等を有さない若しくは妻壁（小口）の面積が小さいことから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「①動土圧及び動水圧」は作用しない。

なお、土留め工（親杭）は、等間隔に線状に配置されたH形鋼とグラウンドアンカで構成され、施設背後斜面からの動土圧に対して抵抗するが、斜面と直交する方向の「①動土圧及び動水圧」の影響は有意に小さいことから、線状構造物に準ずるものとして整理する。

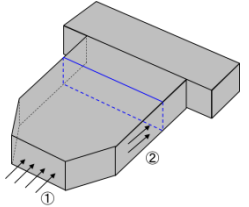
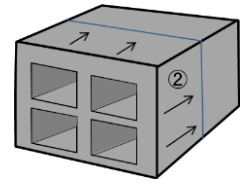
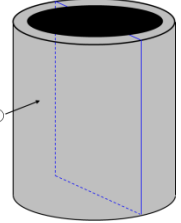
「3)円筒状構造物」及び「4)直接基礎」については、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「①動土圧及び動水圧」が作用し、図3-3-2に示すように水平2方向入力による応力の集中が考えられる。同様に、「3)円筒状構造物」及び「4)直接基礎」のうち地上に設置されている構造物については、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「③慣性力」が作用することによる応力の集中が考えられる。

「5)管路構造物」については、その構造上の特徴として、妻壁等を有さない若しくは妻壁（小口）の面積が小さいことから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「①動土圧及び動水圧」は作用しない。一方、取水管は延長が長い構造であることから、従来設計手法において、管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、水平2方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。

「6)鉄骨構造」については、その構造上の特徴として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位として支持杭が考えられる。

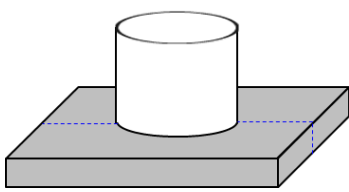
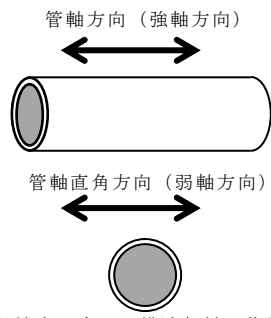
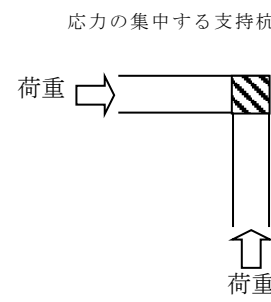
以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、「1)箱型構造物」、「3)円筒状構造物」、「4)直接基礎」、「5)管路構造物」及び「6)鉄骨構造」を抽出する。

表 3-3-3(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

構造形式の分類	1) 箱型構造物	2) 線状構造物	3) 円筒状構造物																		
荷重の作用状況	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力は全ての構造部材に作用</p>																		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<table border="1"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>妻壁に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>側壁に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	①動土圧及び動水圧	妻壁に作用	②摩擦力	側壁に作用	③慣性力	全ての部材に作用	<table border="1"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>側壁，頂版に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	①動土圧及び動水圧	作用しない	②摩擦力	側壁，頂版に作用	③慣性力	全ての部材に作用	<table border="1"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>作用する*</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	①動土圧及び動水圧	作用する*	②摩擦力	作用しない	③慣性力	全ての部材に作用
①動土圧及び動水圧	妻壁に作用																				
②摩擦力	側壁に作用																				
③慣性力	全ての部材に作用																				
①動土圧及び動水圧	作用しない																				
②摩擦力	側壁，頂版に作用																				
③慣性力	全ての部材に作用																				
①動土圧及び動水圧	作用する*																				
②摩擦力	作用しない																				
③慣性力	全ての部材に作用																				
抽出結果	○	×	○																		

注記\*：「3)円筒状構造物」のうち地上に設置されている構造物については、「①動土圧及び動水圧」は作用しない。

表 3-3-3(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

構造形式の分類	4) 直接基礎 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎		5) 管路構造物 取水管		6) 鉄骨構造 仮設耐震構台	
荷重の作用状況	 --- 従来設計手法における評価対象断面 注：③慣性力は全ての構造部材に作用		 管軸方向（強軸方向） 管軸直角方向（弱軸方向） 注：③慣性力は全ての構造部材に作用		 応力の集中する支持杭 荷重 荷重 注：③慣性力は全ての構造部材に作用	
	①動土圧及び動水圧	作用する*	①動土圧及び動水圧	作用しない	①動土圧及び動水圧	作用しない
	②摩擦力	作用しない	②摩擦力	側壁，頂版に作用	②摩擦力	作用しない
	③慣性力	全ての部材に作用	③慣性力	全ての部材に作用	③慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	従来設計手法における耐震評価に対して，直交する荷重として「①動土圧及び動水圧」又は「③慣性力」による荷重が作用するため影響大。		従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず，①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小。 ただし，取水管は延長が長い構造であることから，管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており，従来設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せが考慮されている。		従来設計手法における耐震評価に対して，直交する荷重として「③慣性力」による荷重が作用するため影響大。	
抽出結果	○		○		○	

注記\*：「4)直接基礎」のうち地上に設置されている構造物については，「①動土圧及び動水圧」は作用しない。

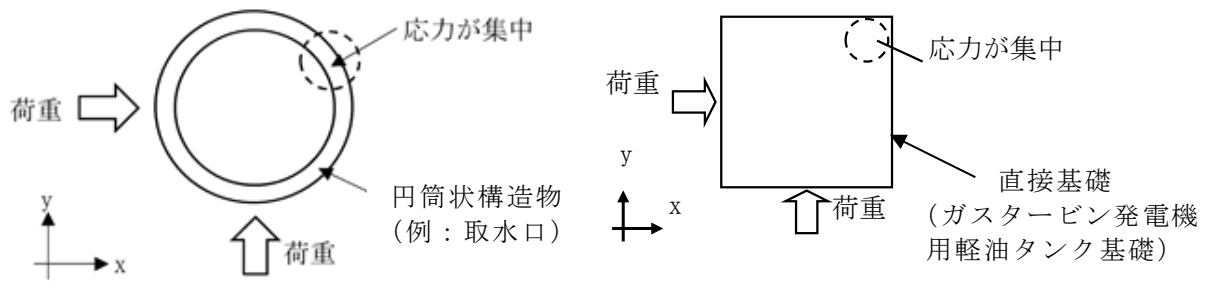


図 3-3-2 円筒状構造物及び直接基礎にかかる応答特性



- (4) 従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所  
の抽出

(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について、構造物ごとの平面図及び断面図を以下に示す。各構造物の構造、地盤条件等を考慮したうえで、従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。

線状構造物として分類した屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）、屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）、屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）、免震重要棟遮蔽壁及び土留め工（親杭）について、各構造物の構造、地盤条件等を考慮したうえで、従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を確認した。

その結果、屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）以外の構造物については、従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所がないことを確認した。

- a. 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）

図 3-3-3～図 3-3-7 に屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであるが、一部の範囲においては、3 次元的な応答特性が想定されるため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響について、「(5) 従来設計手法の妥当性の確認」に示す。

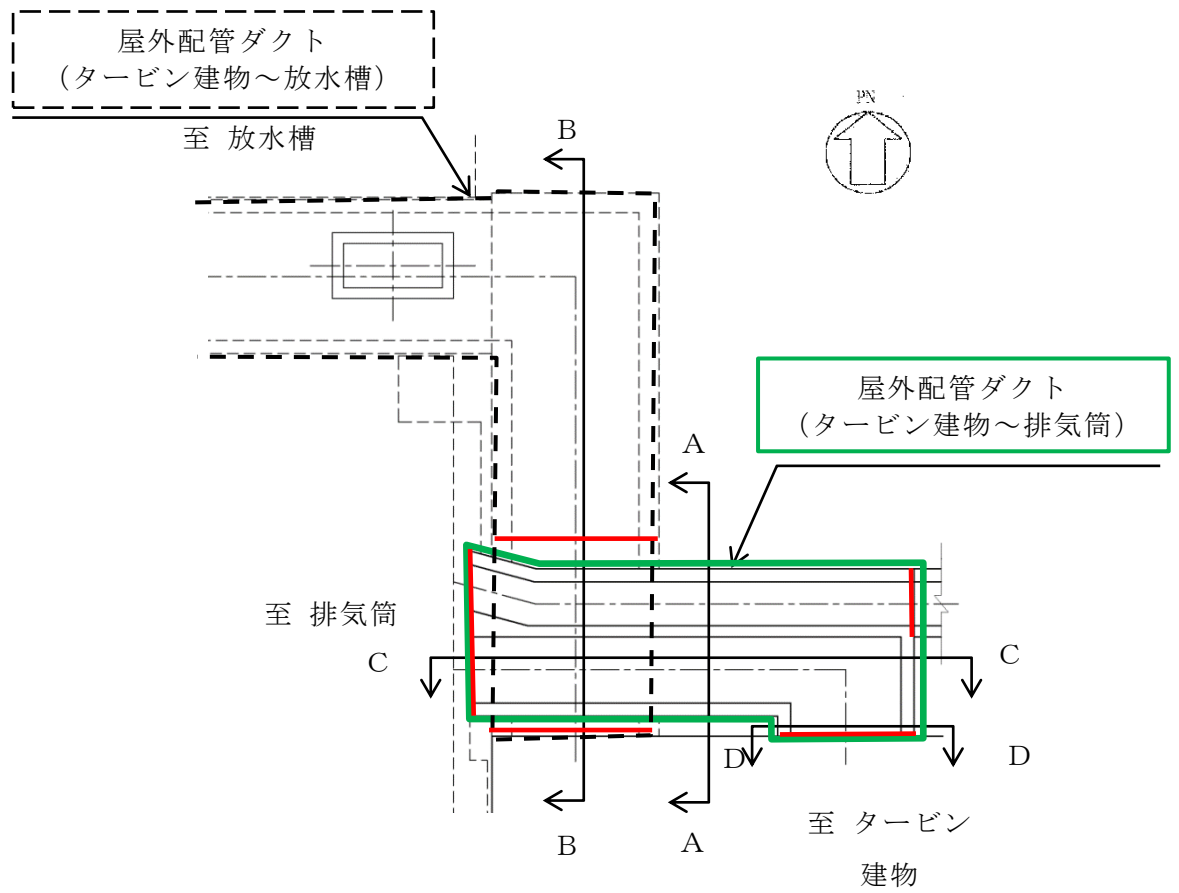


図 3-3-3 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 平面図

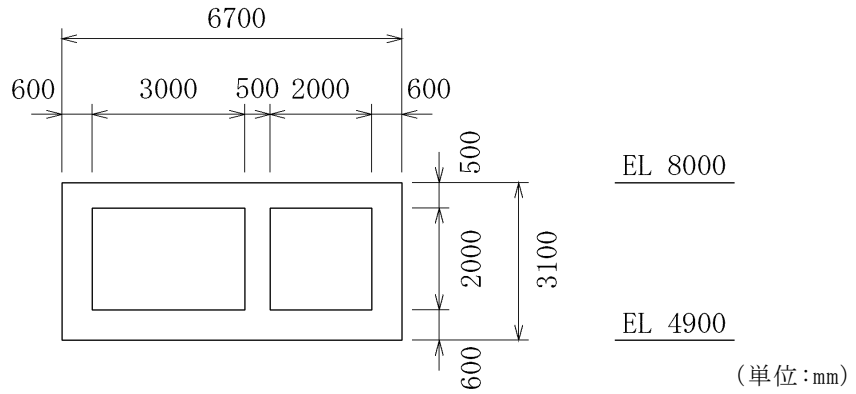


図 3-3-4 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (A-A 断面)

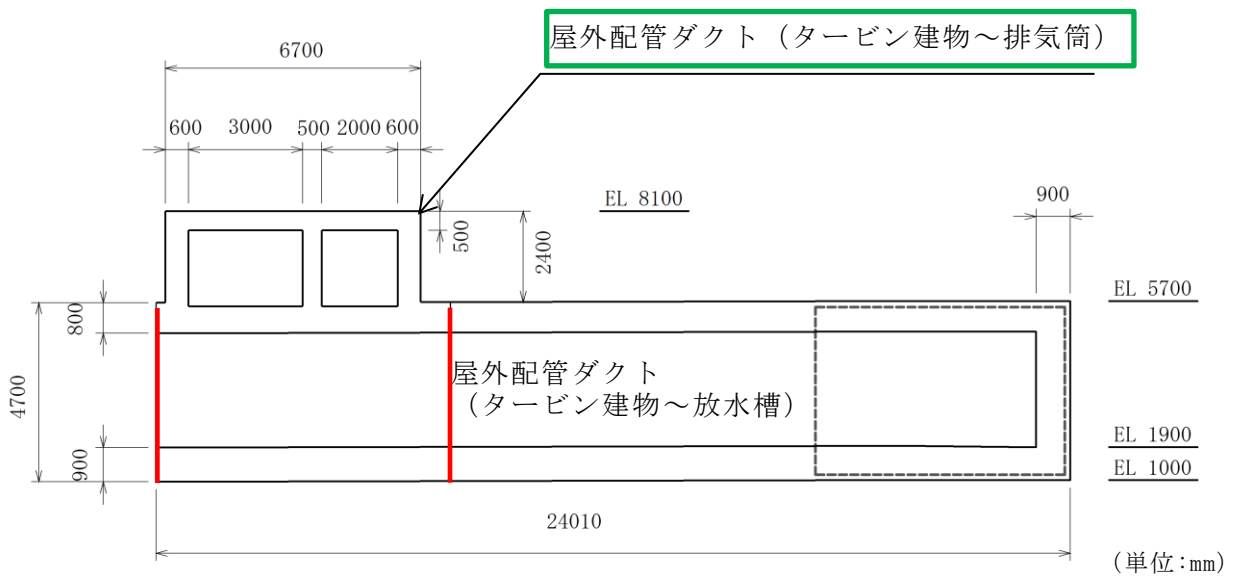


図 3-3-5 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (B-B 断面)

S2 補 VI-2-12 R1

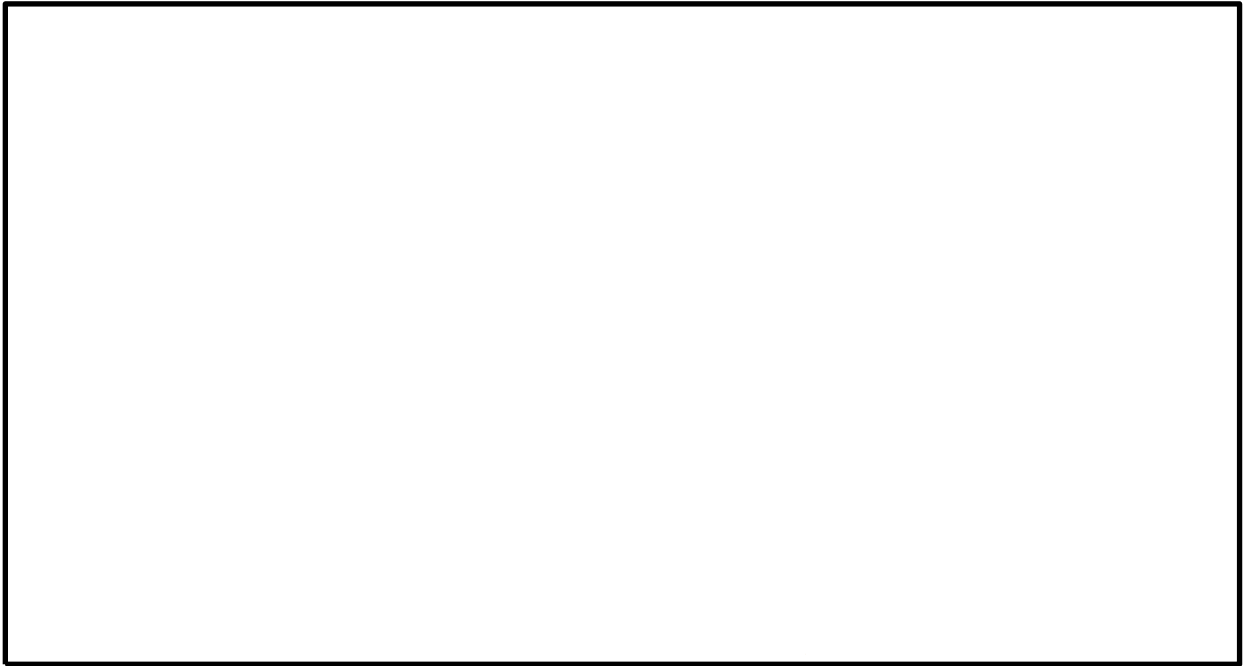


図 3-3-6 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (C-C 断面)

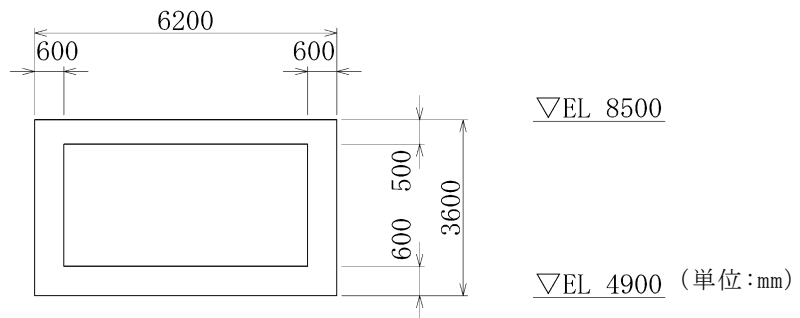


図 3-3-7 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (D-D 断面)

b. 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）

図 3-3-8～図 3-3-13 に屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

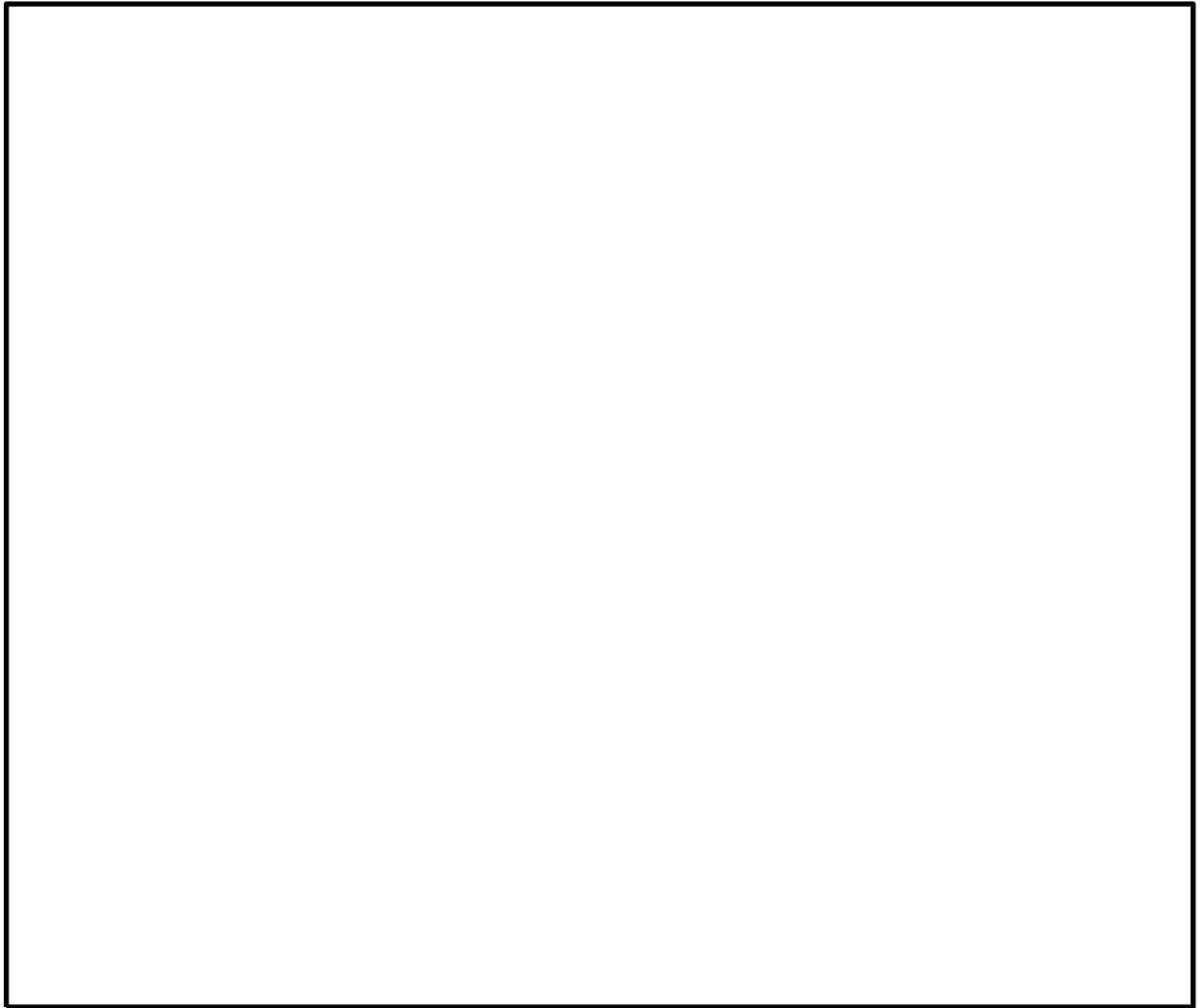


図 3-3-8 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
平面図



図 3-3-9 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
断面図（A-A 断面）

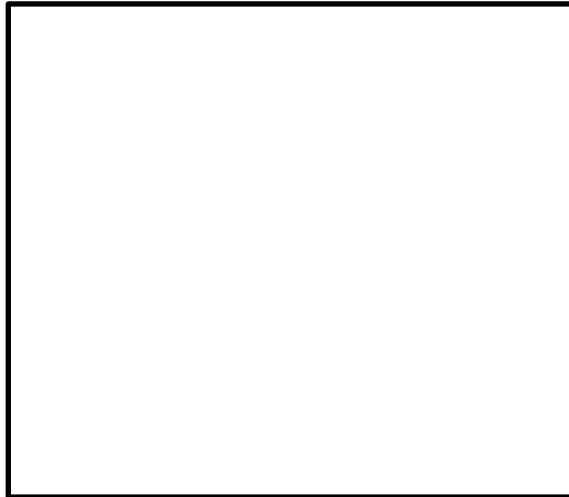


図 3-3-10 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
断面図（B-B 断面）



図 3-3-11 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
断面図（C-C 断面）



図 3-3-12 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
断面図（D-D 断面）

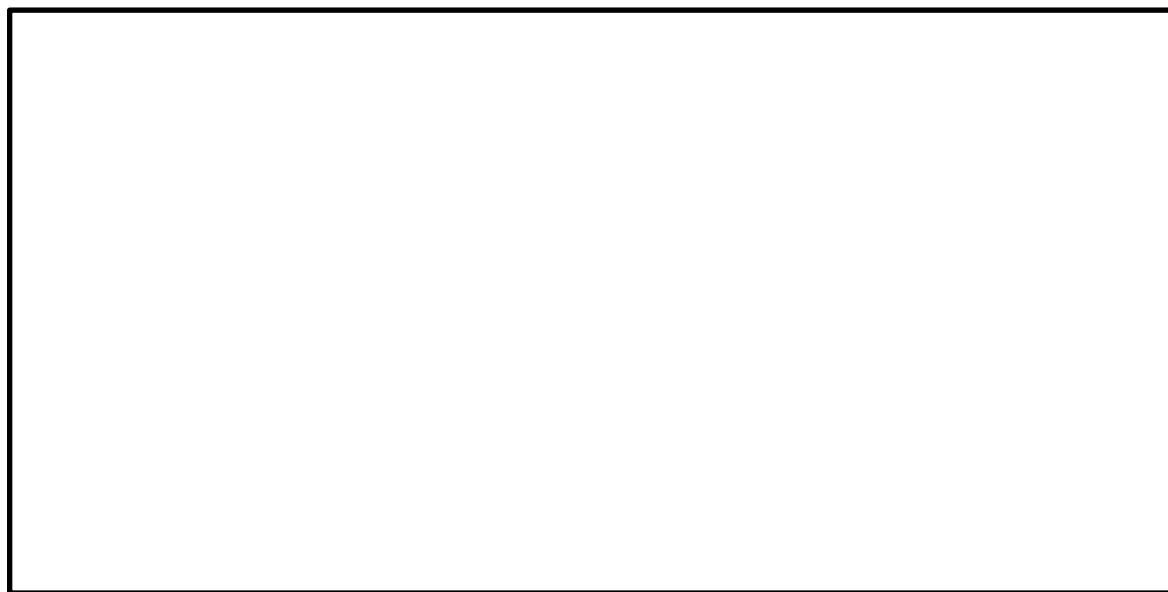


図 3-3-13 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
断面図（E-E 断面）

c. 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）

図 3-3-14～図 3-3-18 に屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

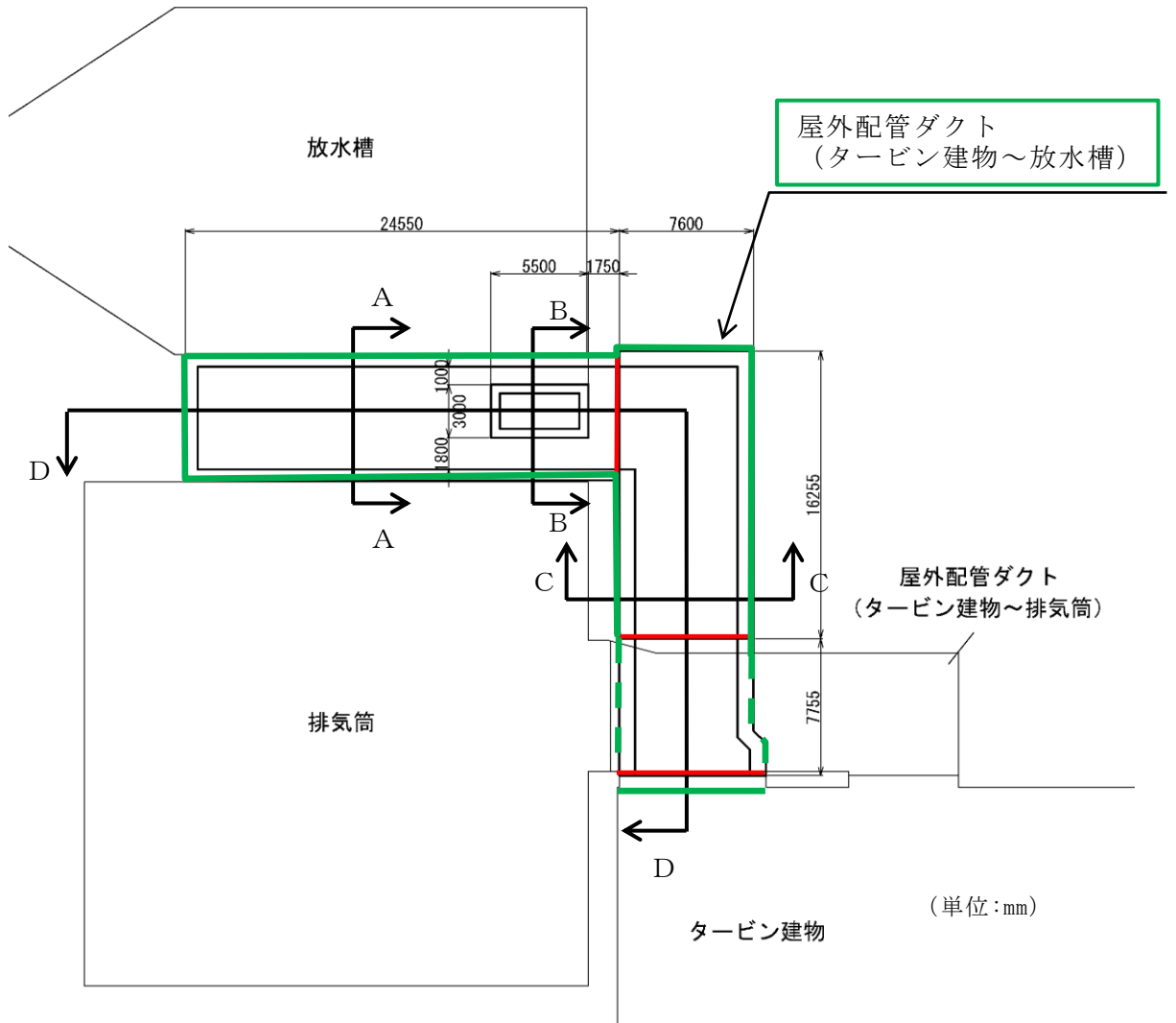


図 3-3-14 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽） 平面図



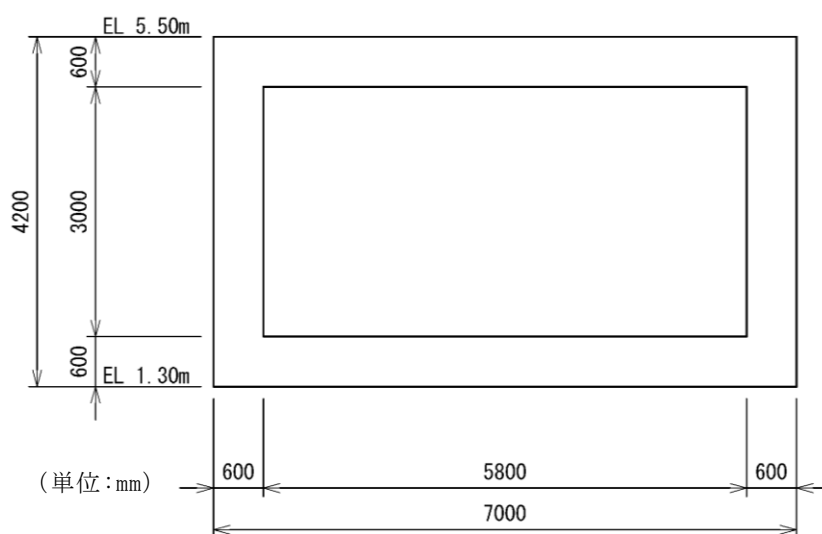


図 3-3-15 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (A-A 断面)

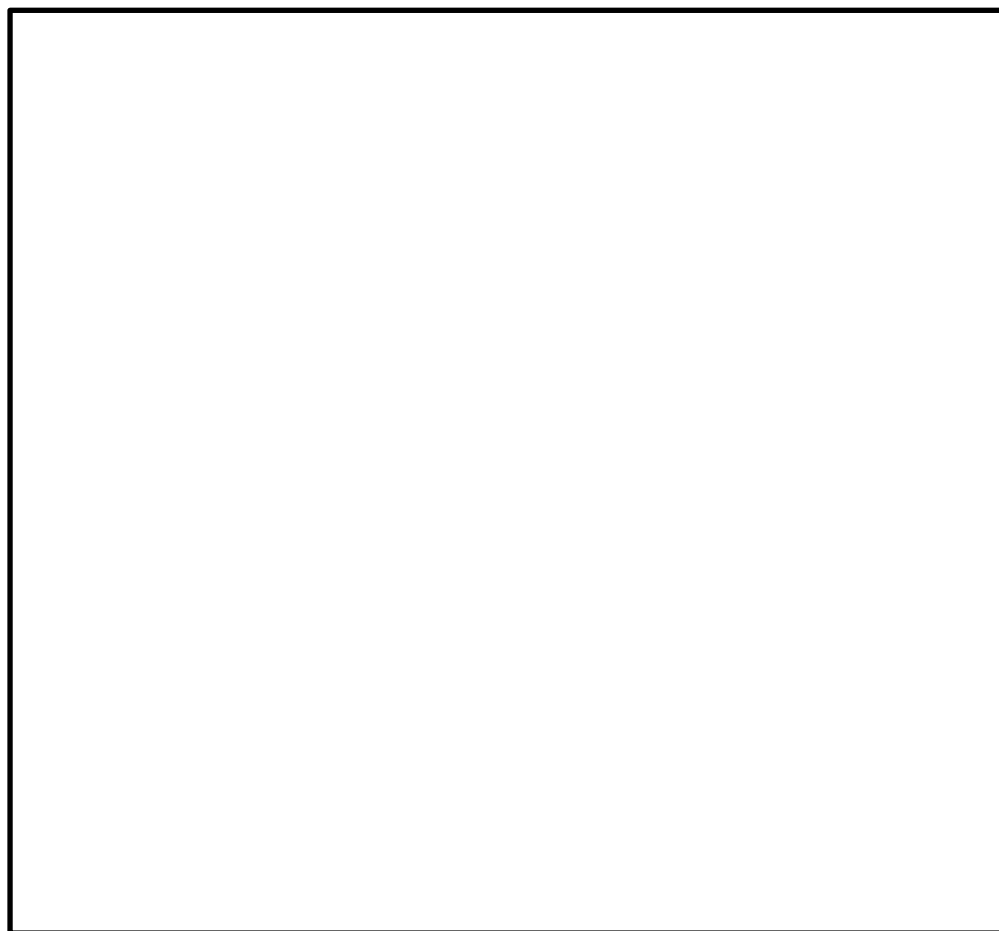


図 3-3-16 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (B-B 断面)

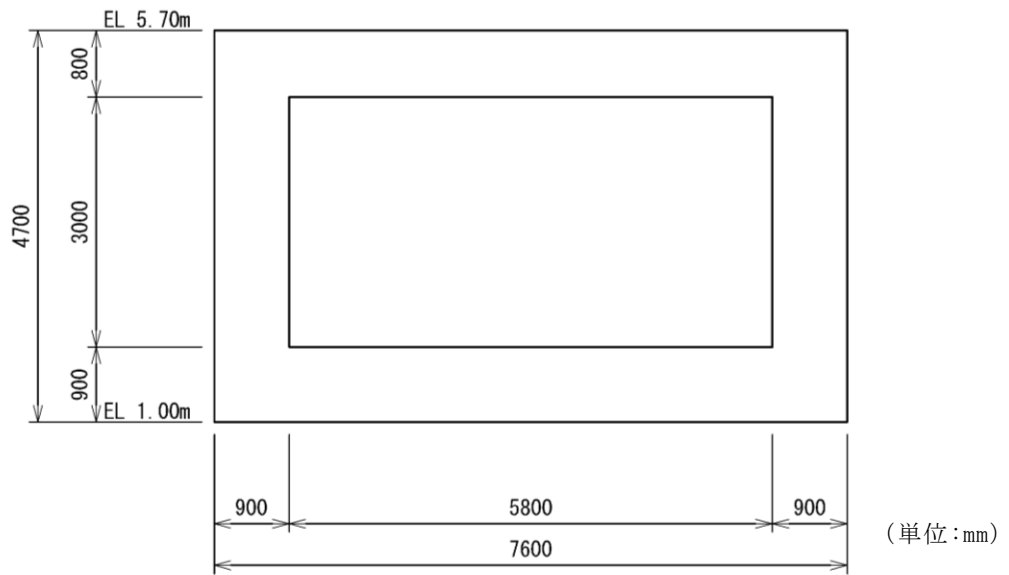


図 3-3-17 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (C-C 断面)



図 3-3-18 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (D-D 断面)

## d. 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）

図 3-3-19 及び図 3-3-20 に屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

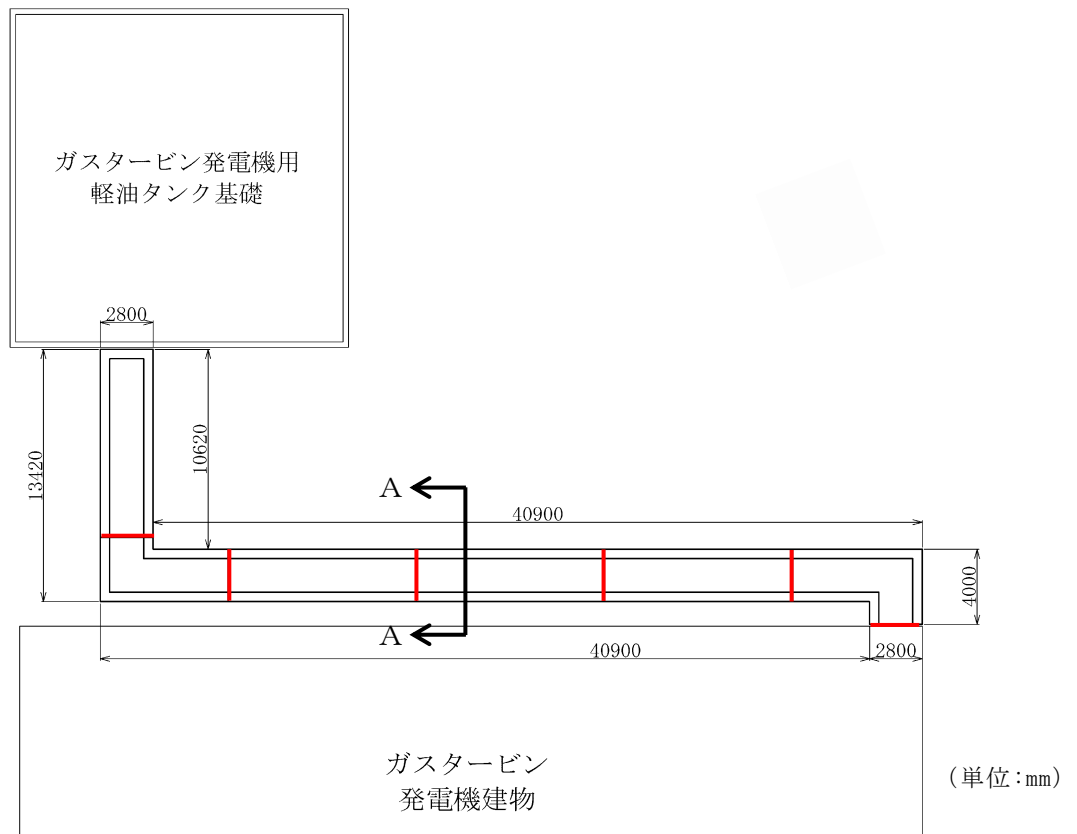


図 3-3-19 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）  
平面図

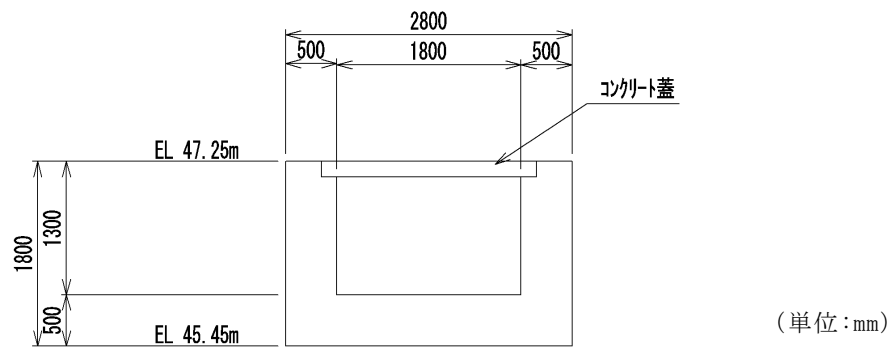


図 3-3-20 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)  
断面図 (A-A 断面)

## e. 免震重要棟遮蔽壁

免震重要棟遮蔽壁については、図 3-3-21 の平面図に示すとおり、屋外の上位クラスの施設である緊急時対策所に波及的影響を及ぼす範囲に屈曲部や隅角部は存在しないことから、3次元的な応答特性が想定される箇所としては対象外である。

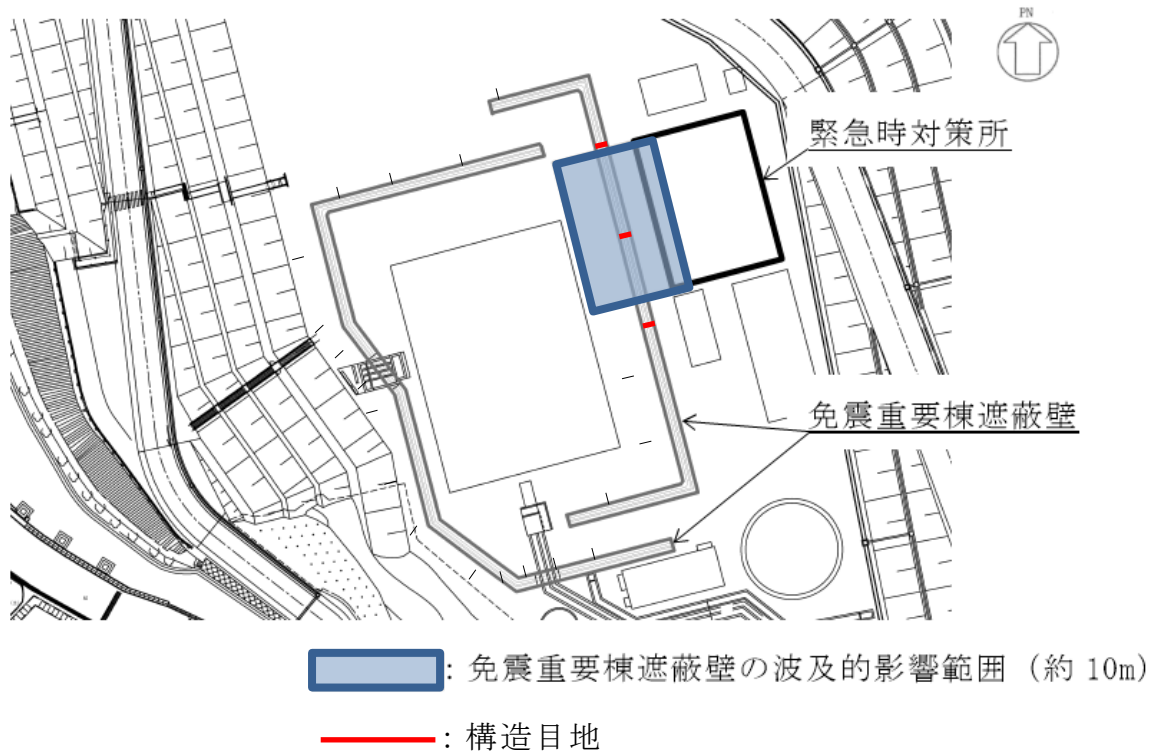


図 3-3-21 免震重要棟遮蔽壁 平面図



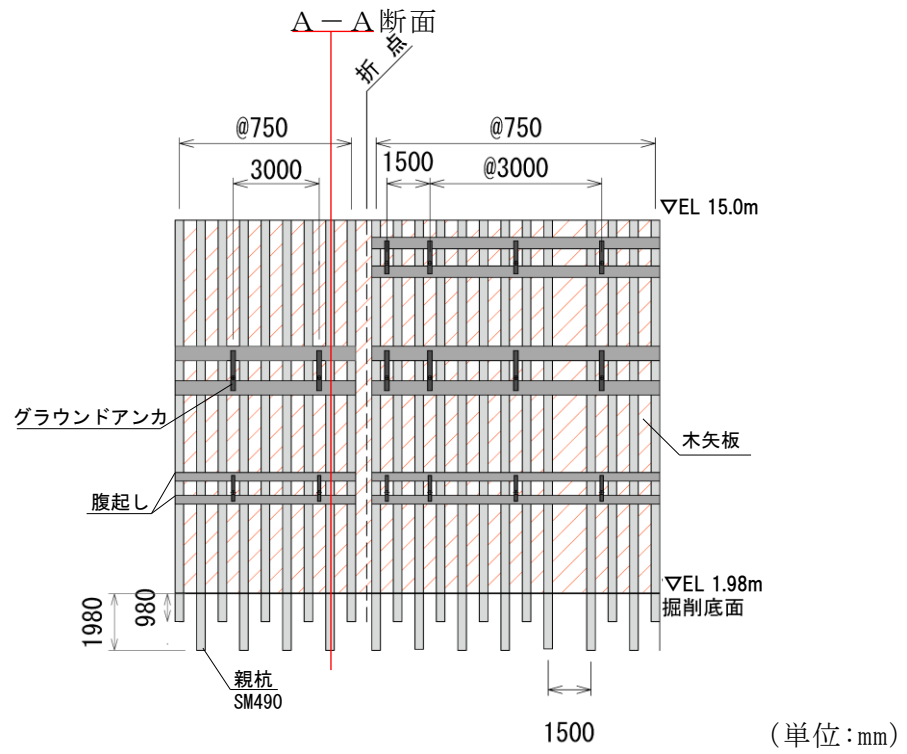


図 3-3-24 土留め工(親杭) 正面図 (A-A断面付近)

(5) 従来設計手法の妥当性の確認

図 3-3-25 に示すとおり，屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版の一部が屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の頂板の一部と一体化している部位については，妻壁に相当する部位があり，3次元的な拘束効果が発生するため，従来設計では評価していない配力鉄筋への影響を確認する必要がある。よって，屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）と屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部については，弱軸方向への変形により発生する軸方向の引張力が配力鉄筋に与える影響を確認するため，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。



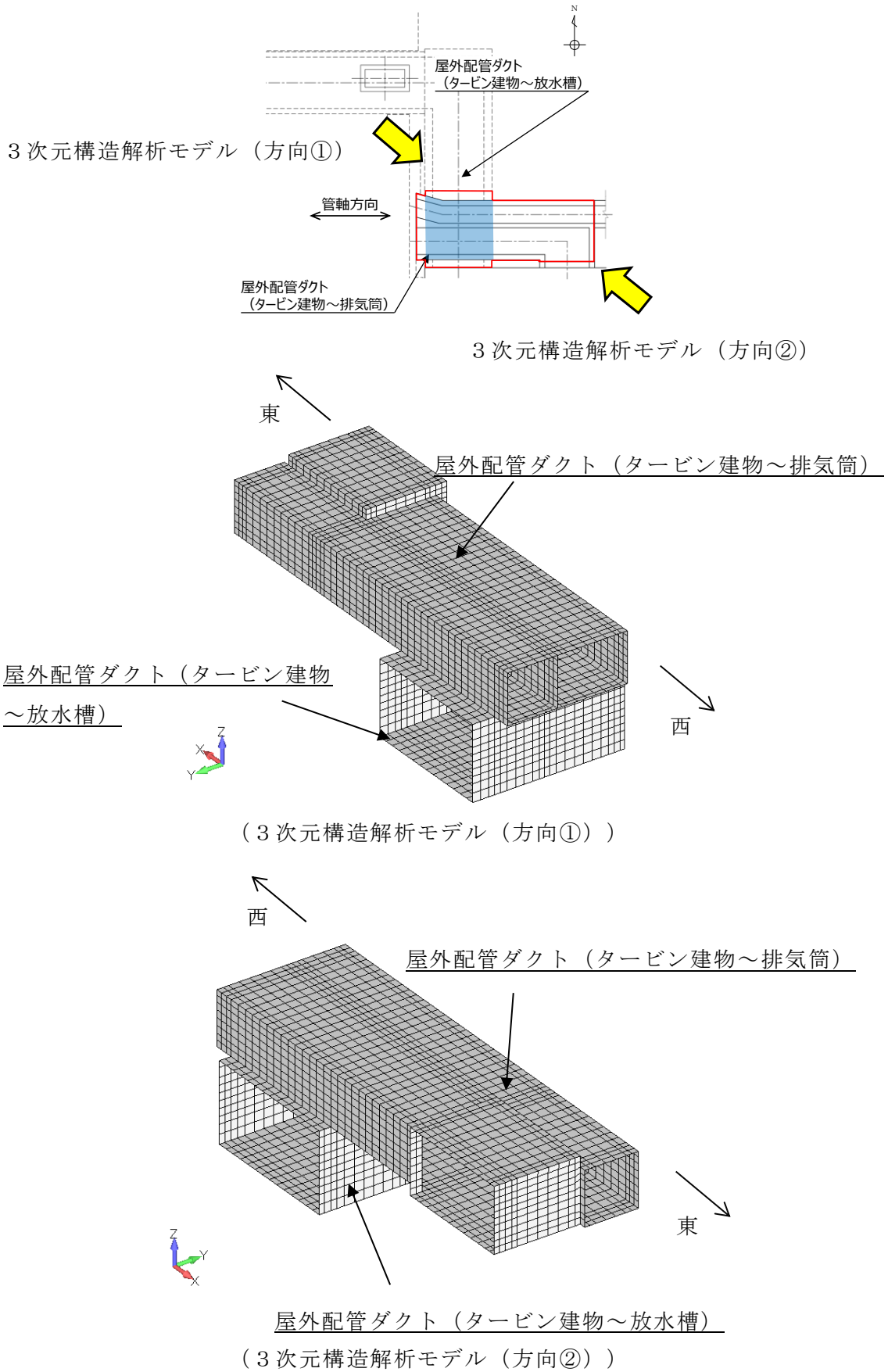


図 3-3-25 屋外配管ダクト(タービン建物～排気筒)と屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)との一体化部イメージ

3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.1の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造形式を、構造及び作用荷重の観点から抽出した。

表3-3-4に、評価対象構造物の抽出結果を示す。

また、以降に構造形式ごとの選定結果を示す。

表3-3-4 (1) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式	評価対象構造物	評価部位	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の有無	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響の有無	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の有無
箱型構造物	取水槽	底版，側壁，隔壁，妻壁，導流壁，分離壁，控壁，中床版	○	○	○
	B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	頂版，側壁，隔壁，底版			
	第1ベントフィルタ格納槽	頂版，床版，側壁，隔壁，底版			
	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	頂版，床版，側壁，隔壁，底版			
	緊急時対策所用燃料地下タンク	頂版，側壁，底版			
	1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁	側壁，漸拡ダクト部充填コンクリート			

表 3-3-4 (2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式	評価対象構造物	評価部位	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の有無	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響の有無	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の有無
線状 構造物	屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）	頂版，側壁， 隔壁，底版	○	○*1	○
	屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）	頂版，側壁， 底版	○	×*2	×
	屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）	頂版，側壁， 底版，床版			
	屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）	頂版，側壁， 底版			
	免震重要棟遮蔽壁	遮蔽壁			
	土留め工（親杭）	親杭，グラウンドアンカ			
円筒状 構造物	取水口	鋼材			
	復水貯蔵タンク遮蔽壁	遮蔽壁， 開口補強鋼材	○	○	○
直接 基礎	ガスタービン発電機用 軽油タンク基礎	軽油タンク基 礎，防油堤	○	○	○
管路 構造物	取水管	鋼管	○	○	○

注記\*1：屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版の一部が屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の頂板の一部と一体化している箇所については，妻壁に相当する部位があり，3次元的な拘束効果が発生するため，従来設計では評価していない配力鉄筋への影響を確認する必要がある。

\*2：構造上の特徴として，妻壁等を有さない若しくは妻壁（小口）の面積が小さいことから，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「動土圧及び動水圧」が作用しないため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討を実施しない。

表 3-3-4 (3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式	評価対象構造物	評価部位	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の有無	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響の有無	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の有無
鉄骨構造	仮設耐震構台	主桁, 受桁, 水平材, 斜材, 支持杭, 橋台, 置換コンクリート, 支承部 (沓座, ソールプレート), 固定ボルト (支承部-桁受, 桁受-受桁, 受桁-支持杭), 溶接部 (水平材-支持杭, 斜材-支持杭)	○	○	○

(1) 箱型構造物

箱型構造物については、取水槽，B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽，第1ベントフィルタ格納槽，低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽，緊急時対策所用燃料地下タンク，1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁)の全ての構造物に対して，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。箱形構造物の平面図及び断面図を図3-3-26～図3-3-48に示す。

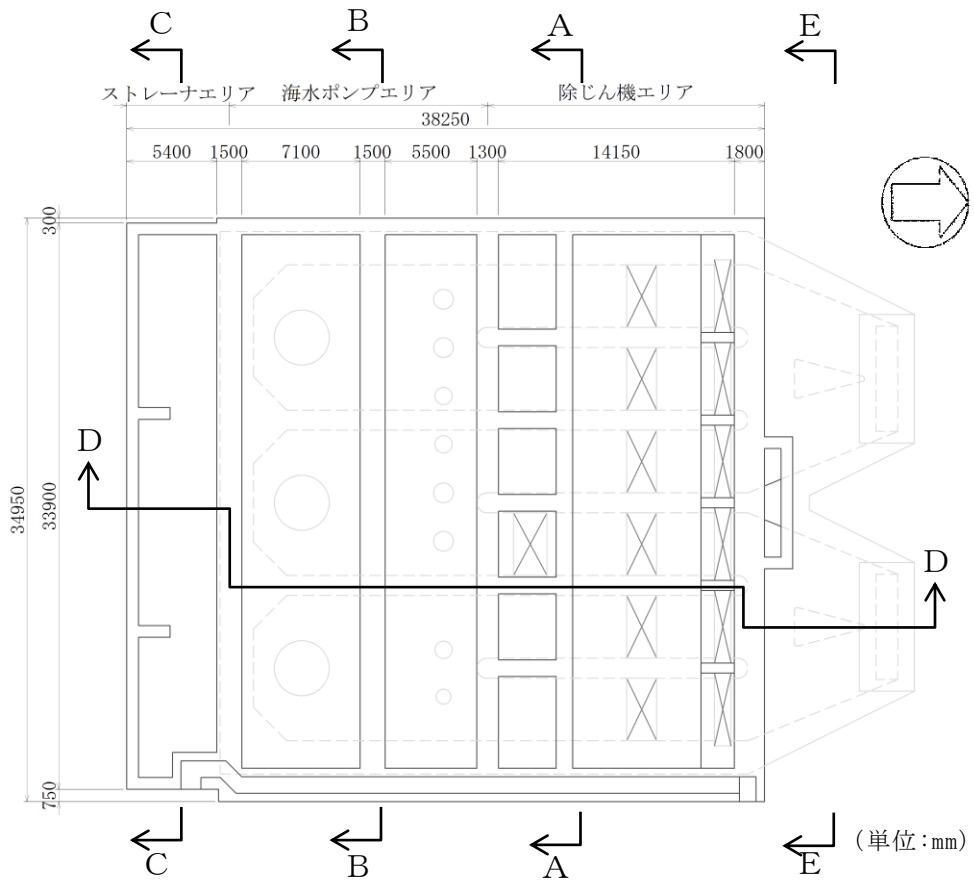


図 3-3-26 取水槽 平面図

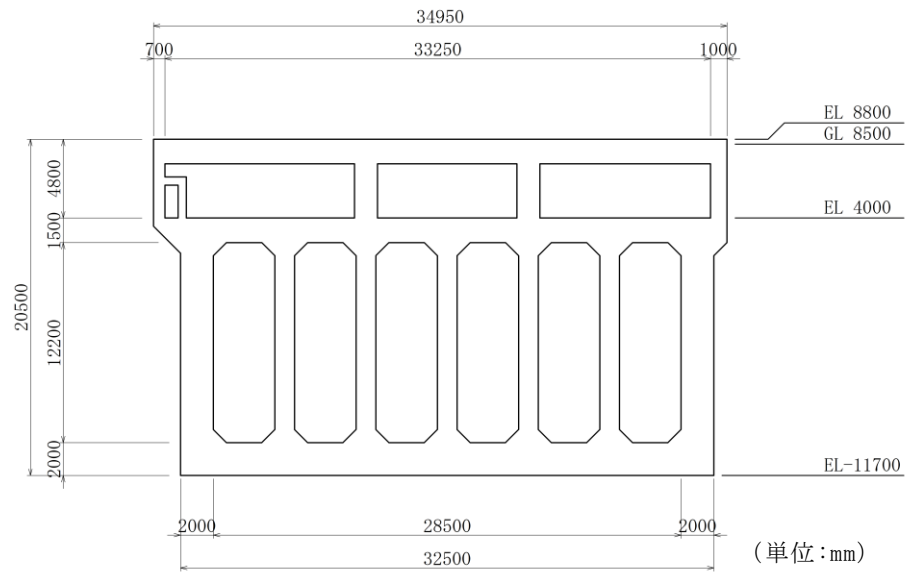


图 3-3-27 取水槽 断面图(A-A 断面)

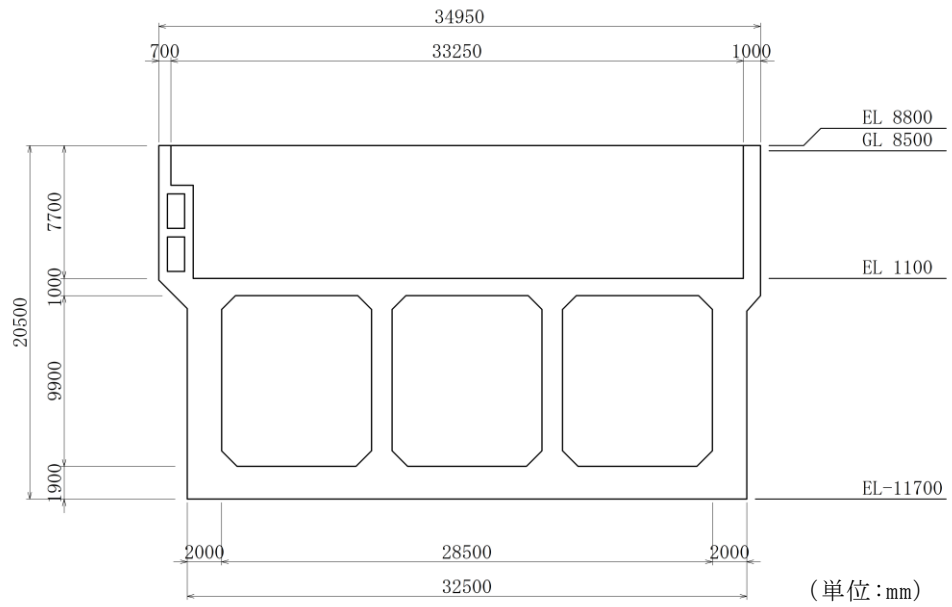


图 3-3-28 取水槽 断面图(B-B 断面)

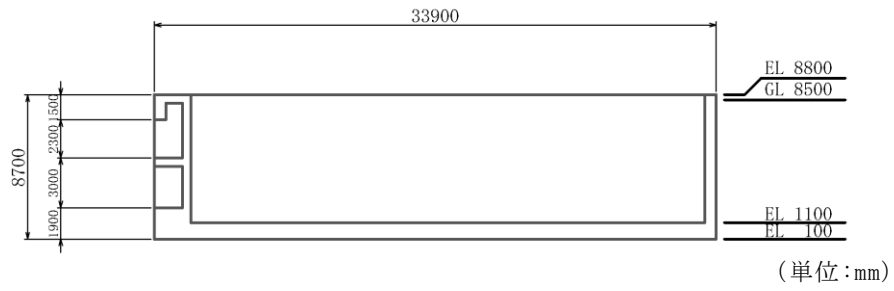


図 3-3-29 取水槽 断面図(C-C断面)

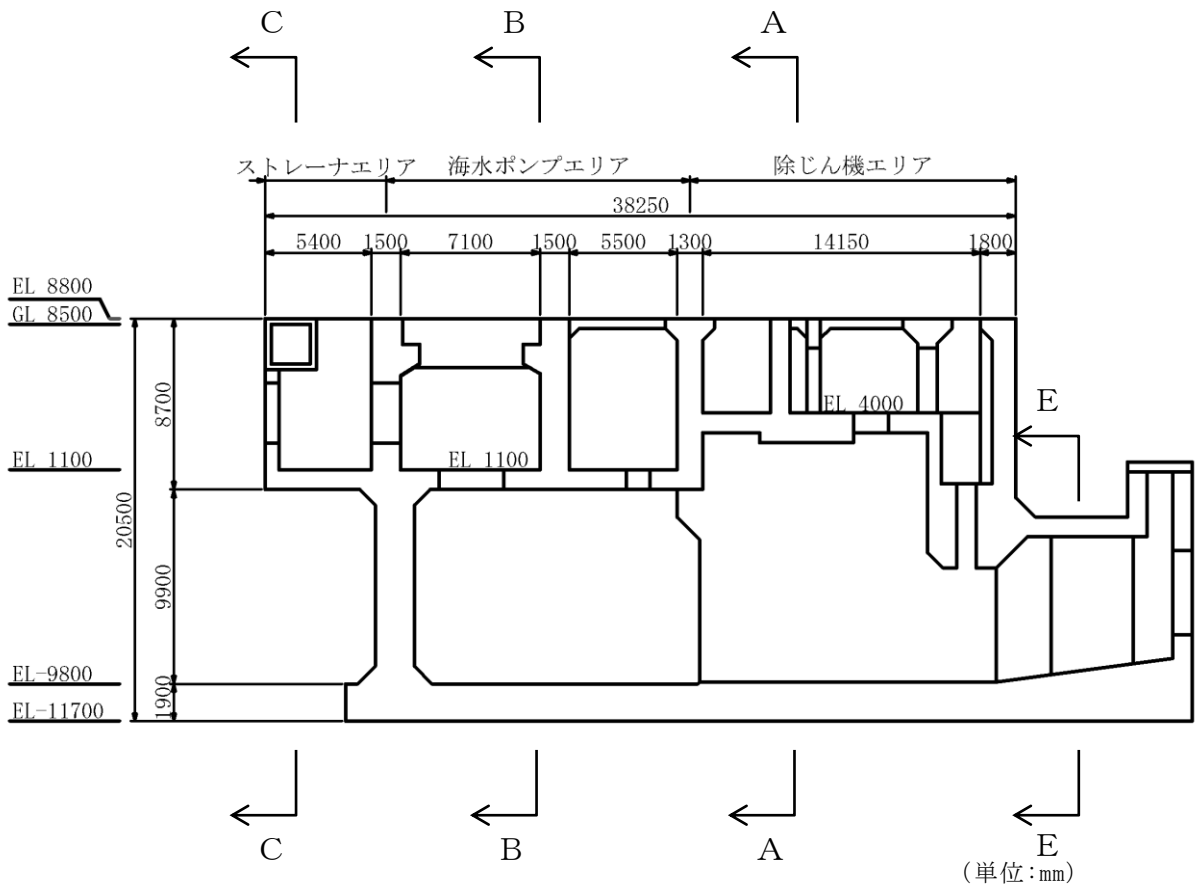


図 3-3-30 取水槽 断面図(D-D断面)

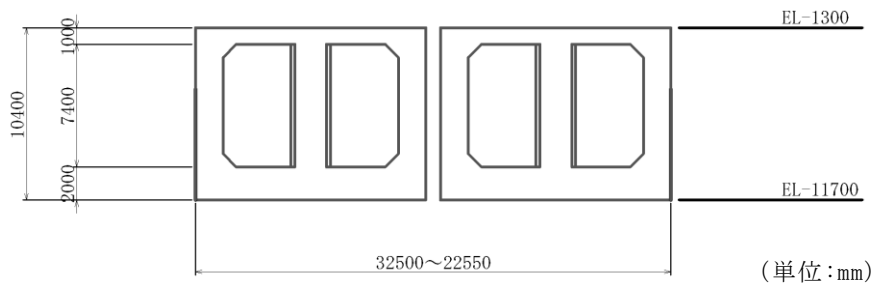


図 3-3-31 取水槽 断面図(E-E断面)

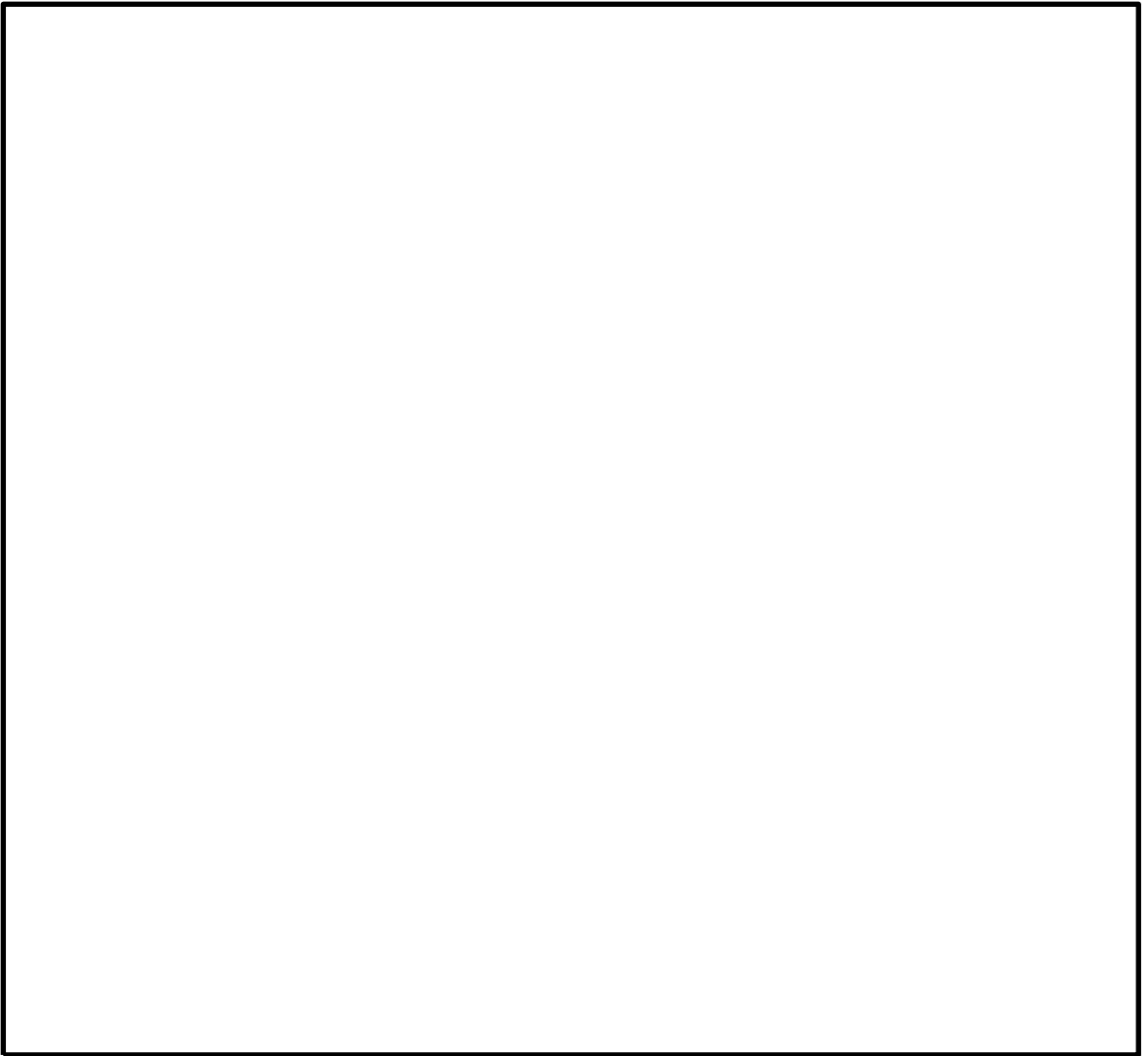


図 3-3-32 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 平面図



図 3-3-33 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 断面図 (A-A断面)



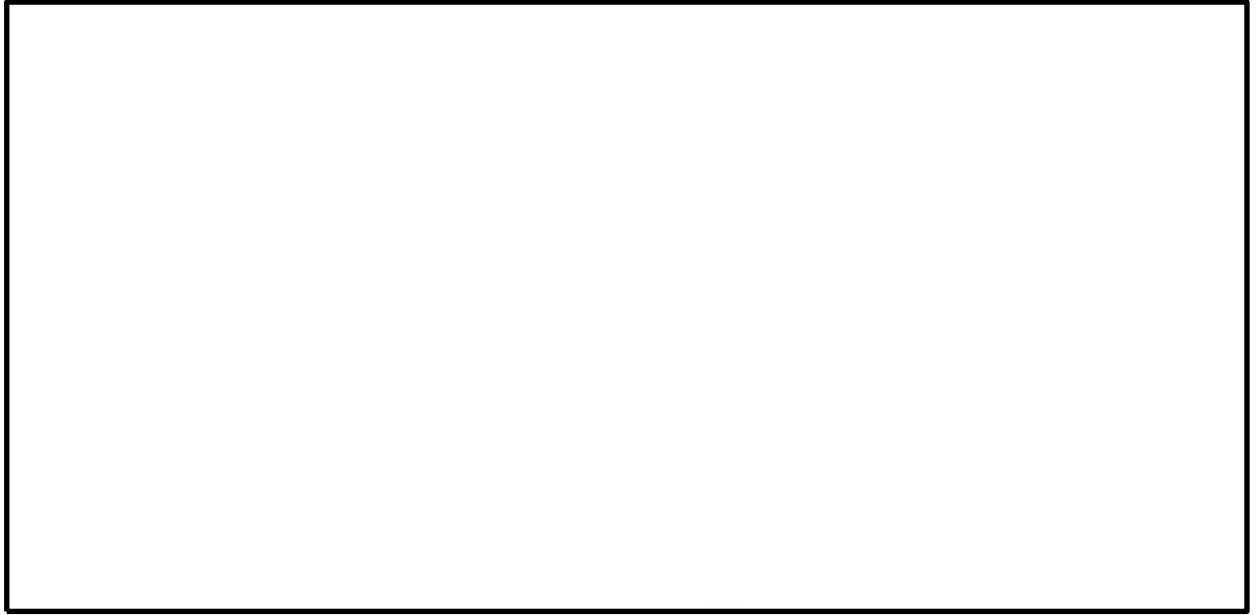


図 3-3-34 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 断面図 (B-B断面)

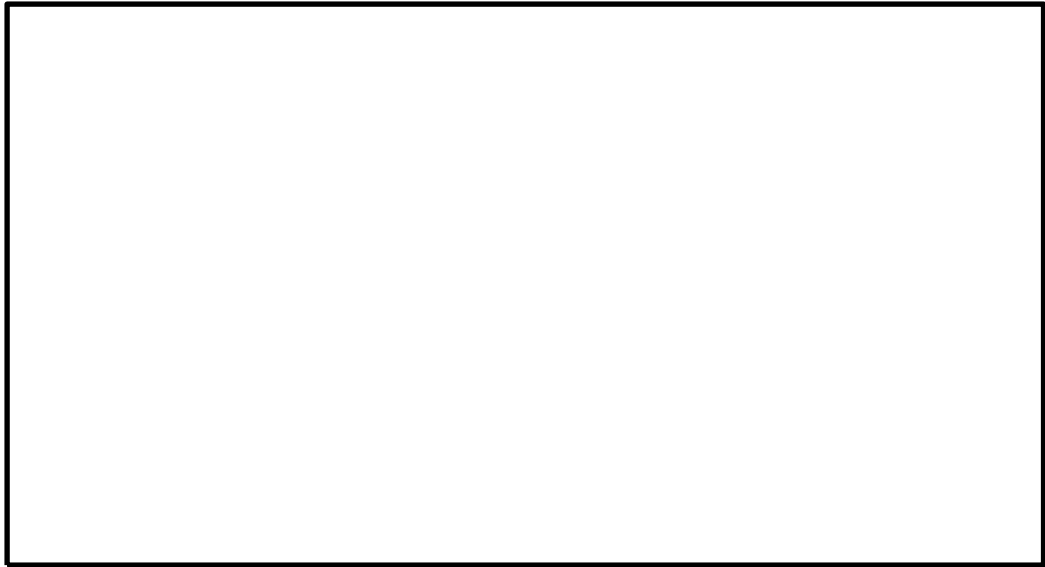


図 3-3-35 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 断面図 (C-C断面)

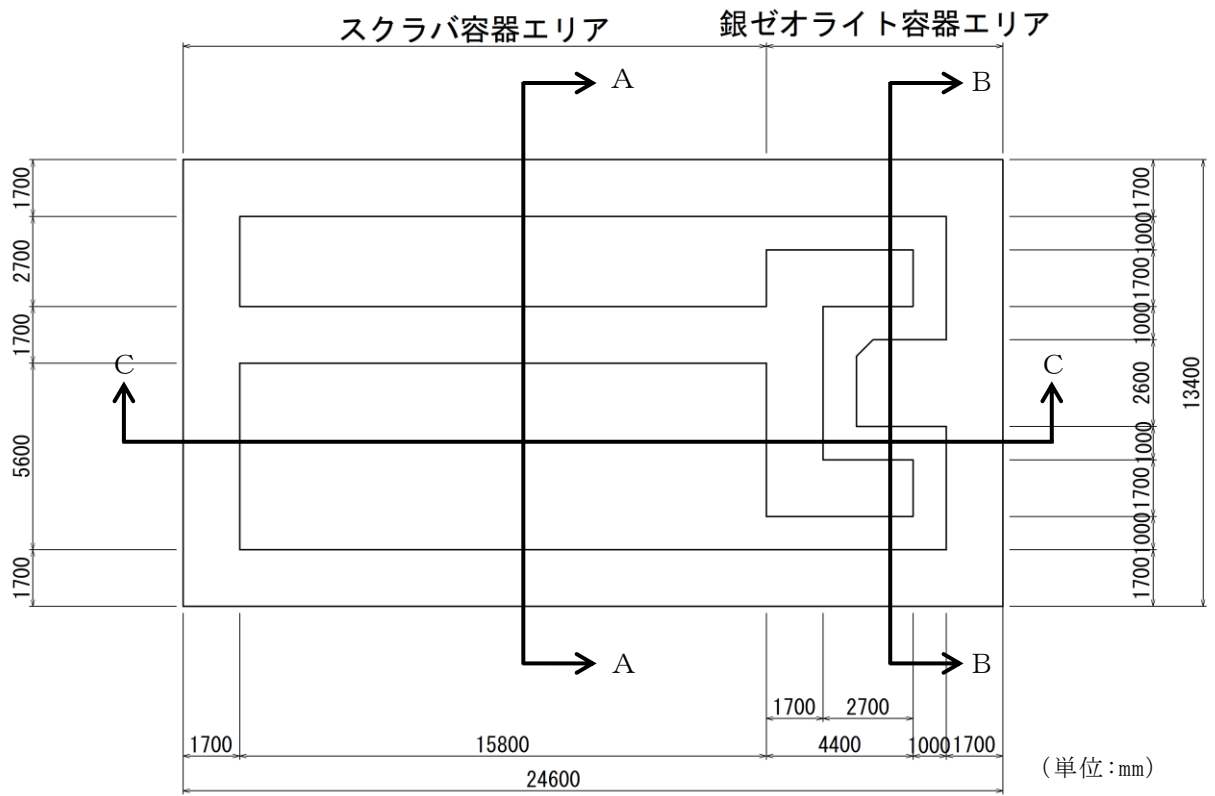


図 3-3-36 第 1 ベントフィルタ格納槽 平面図

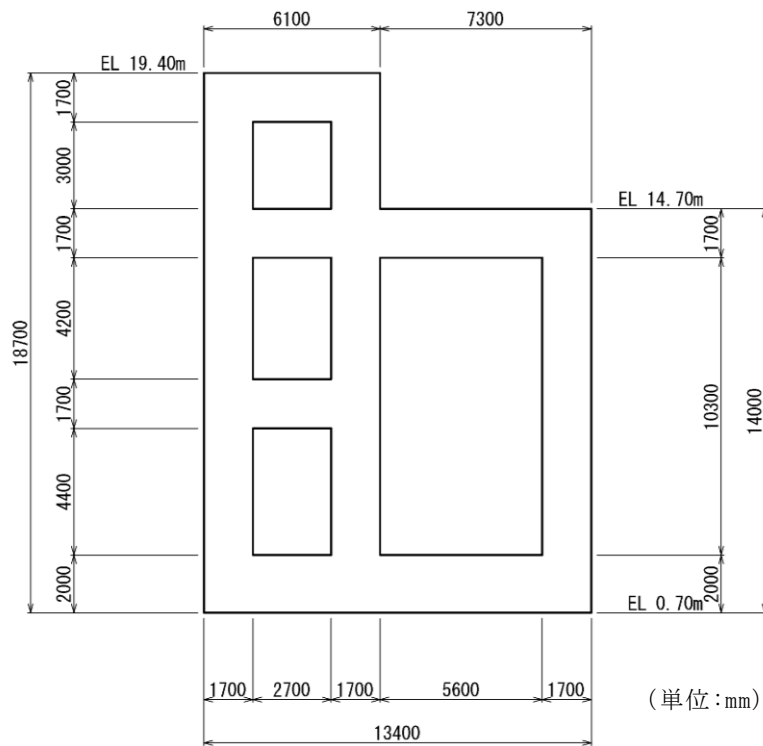


図 3-3-37 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A 断面)

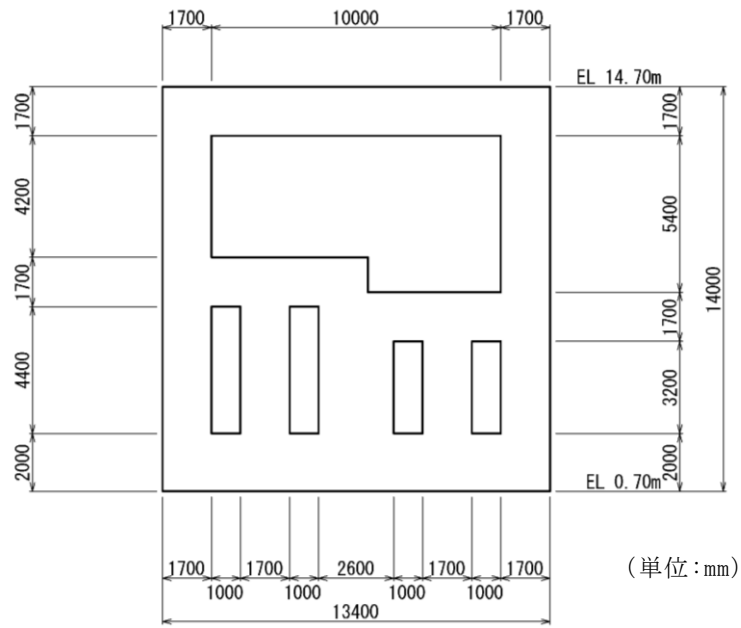


図 3-3-38 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B 断面)

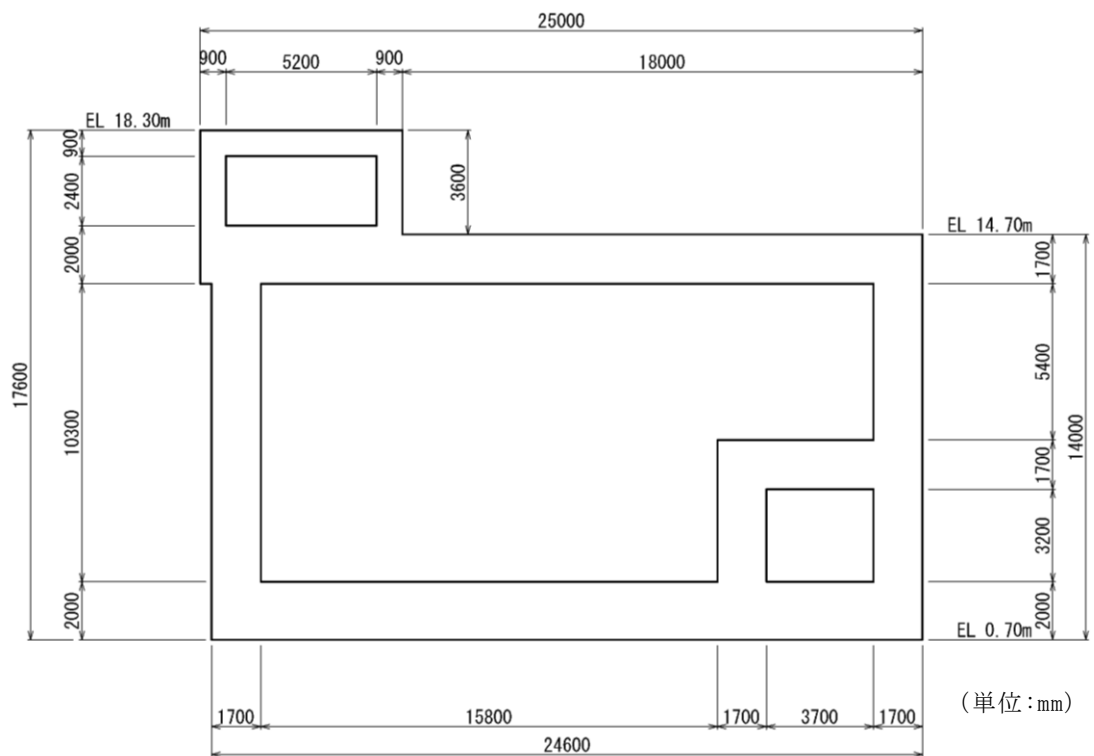


図 3-3-39 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C 断面)

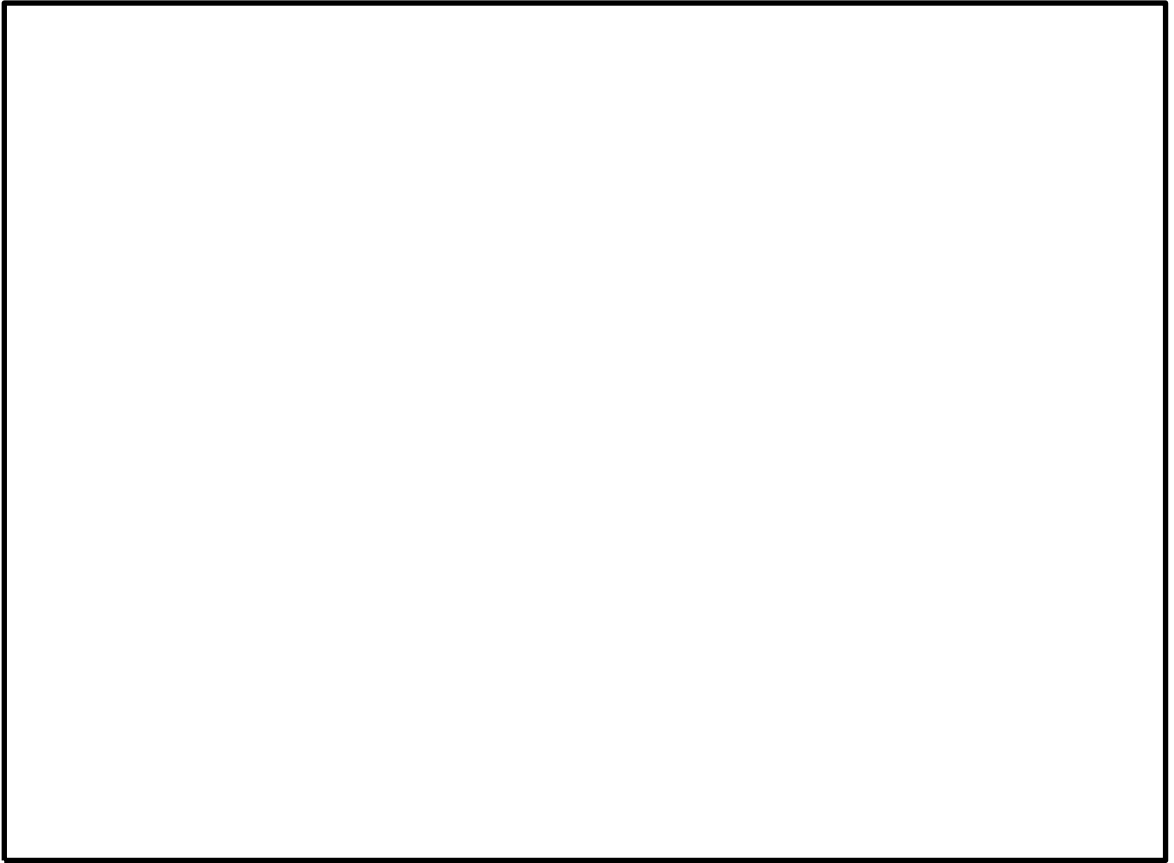


図 3-3-40 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図

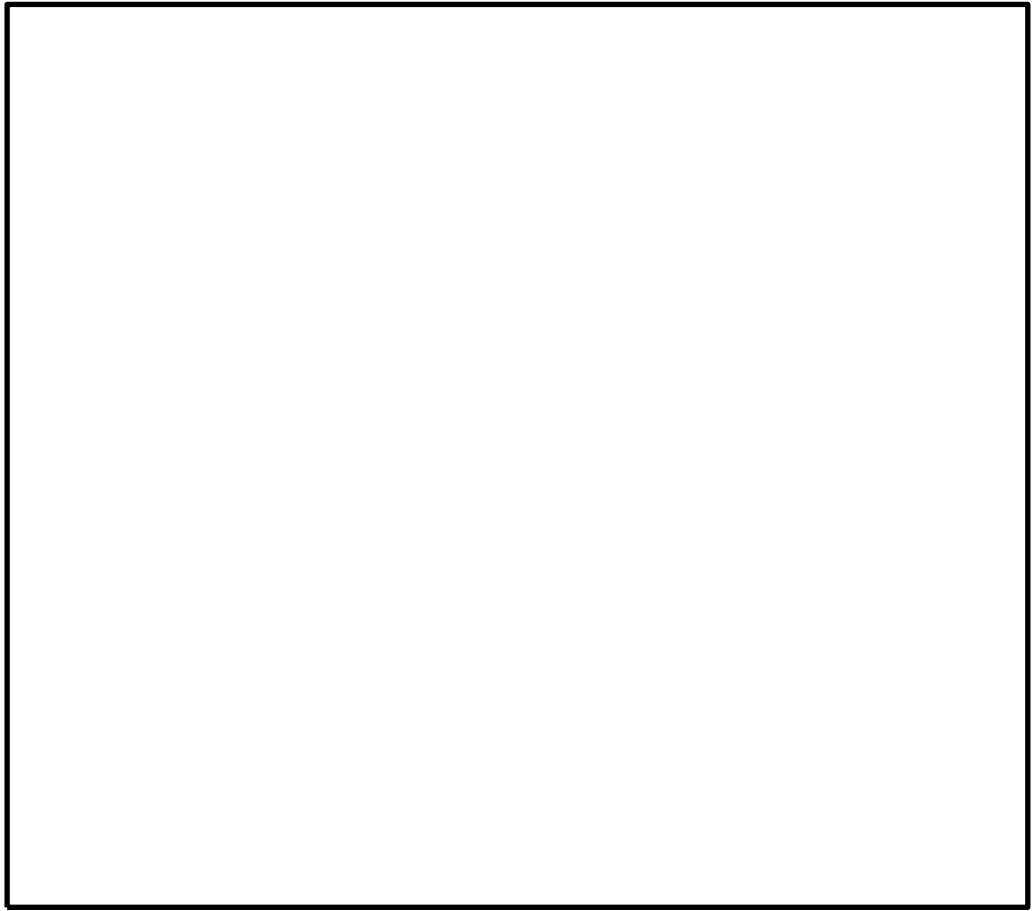


図 3-3-41 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A 断面)

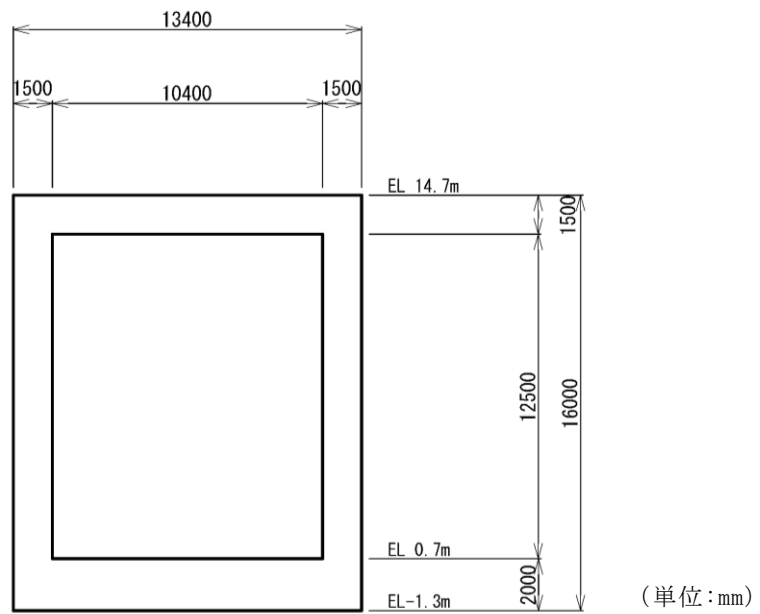


図 3-3-42 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B 断面)

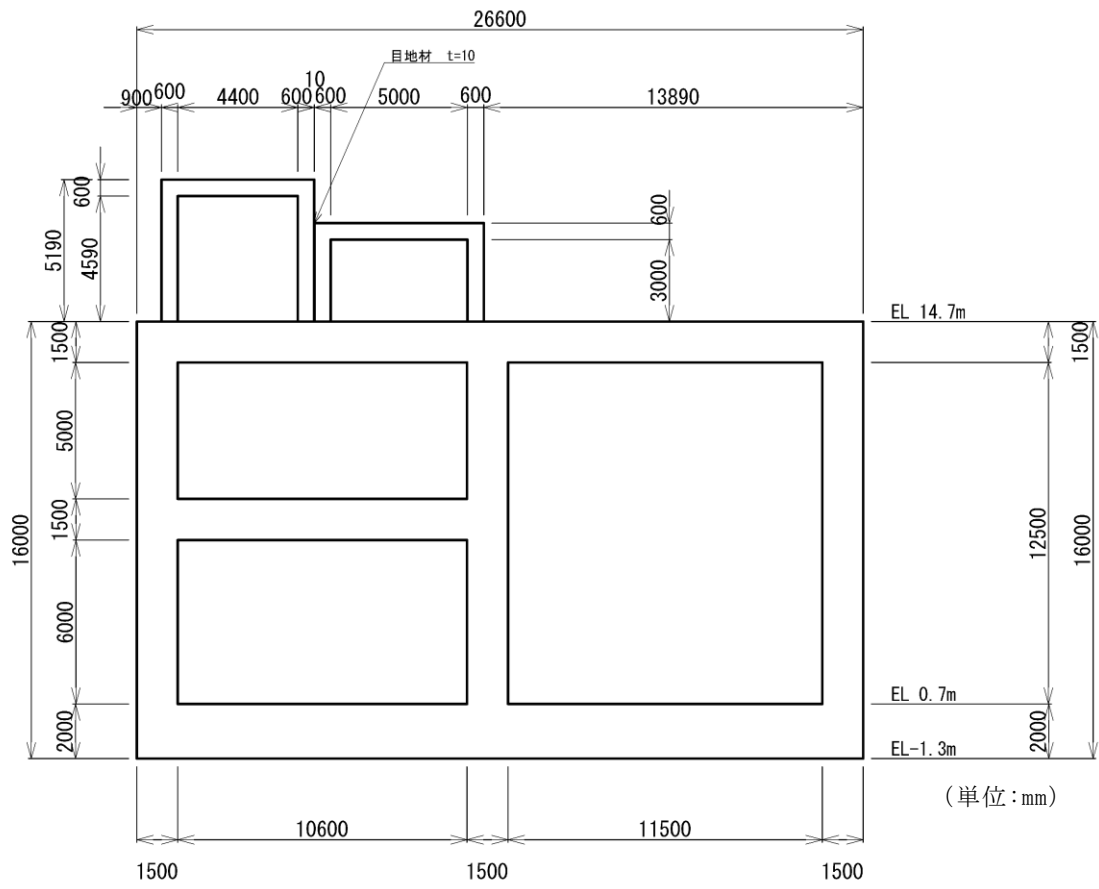


図 3-3-43 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C断面)

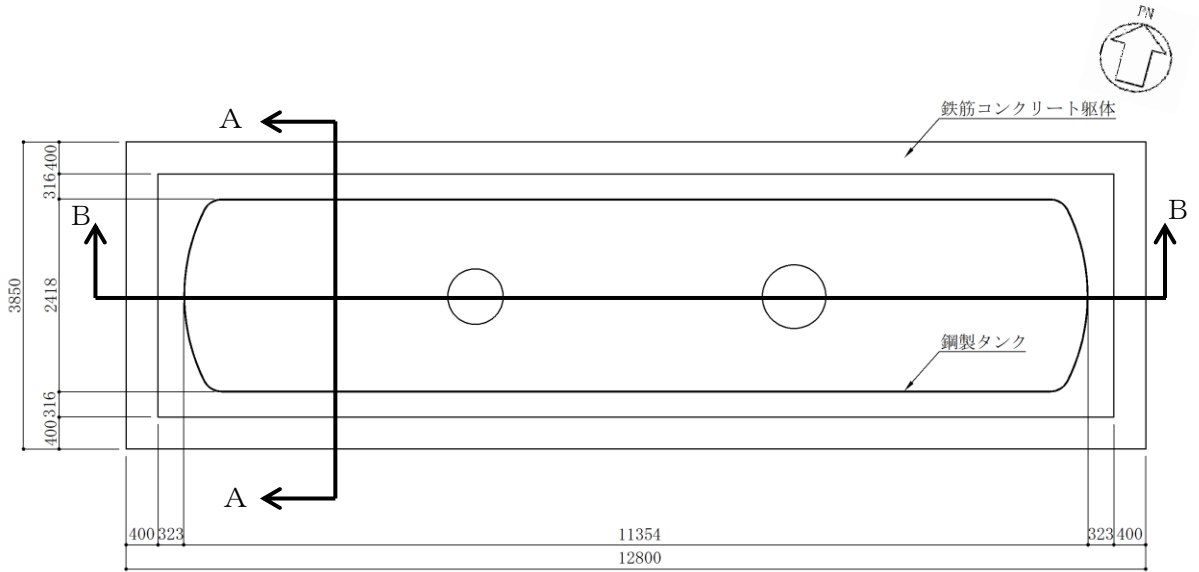


図 3-3-44 緊急時対策所用燃料地下タンク 平面図 (単位: mm)

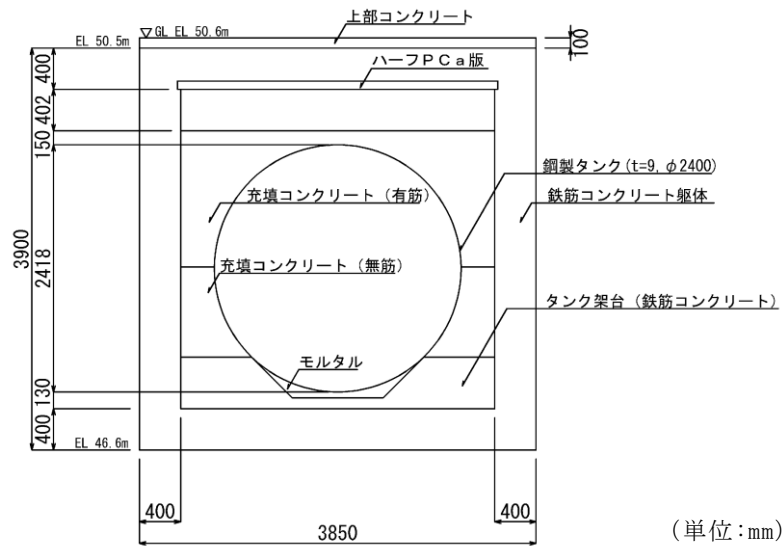


図 3-3-45 緊急時対策所用燃料地下タンク 断面図 (A-A断面)

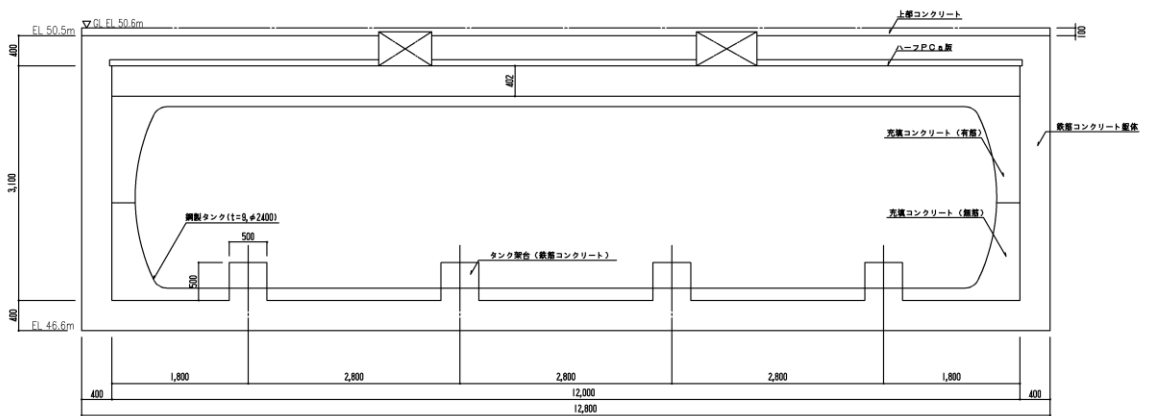


図 3-3-46 緊急時対策所用燃料地下タンク 断面図 (B-B断面) (単位: mm)

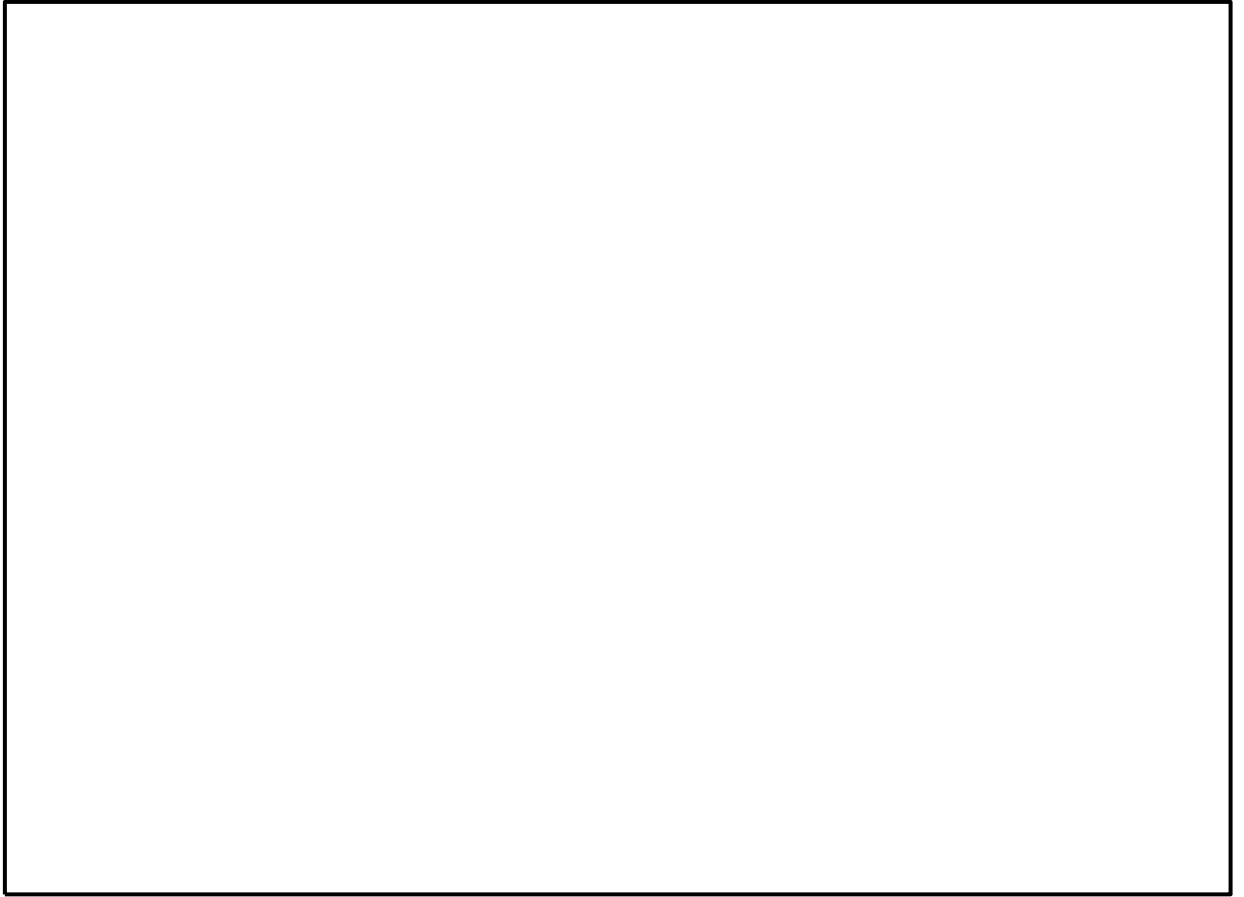


図 3-3-47 1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版  
並びに1号機取水槽北側壁 平面図



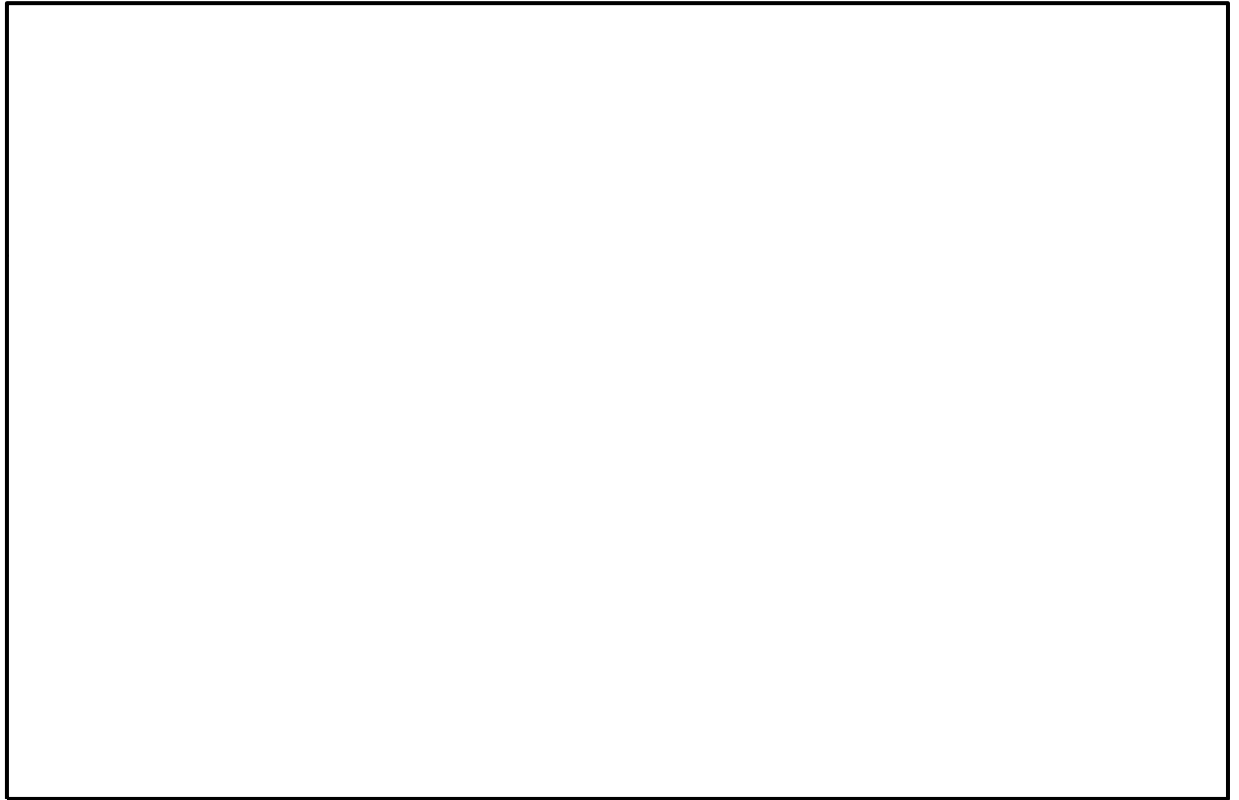


図 3-3-48 1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版  
並びに1号機取水槽北側壁 断面図 (A-A断面)

(2) 線状構造物

線状構造物については，屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版の一部が屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の頂板の一部と一体化している部位に，妻壁に相当する部位があり，3次元的な拘束効果が発生するため，一体化部に対して水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図及び断面図を図3-3-49～図3-3-51に示す。断面図は一体化部が関係するB-B断面及びC-C断面のみ示す。断面図には，一体化部として影響評価を行う屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版を示す。

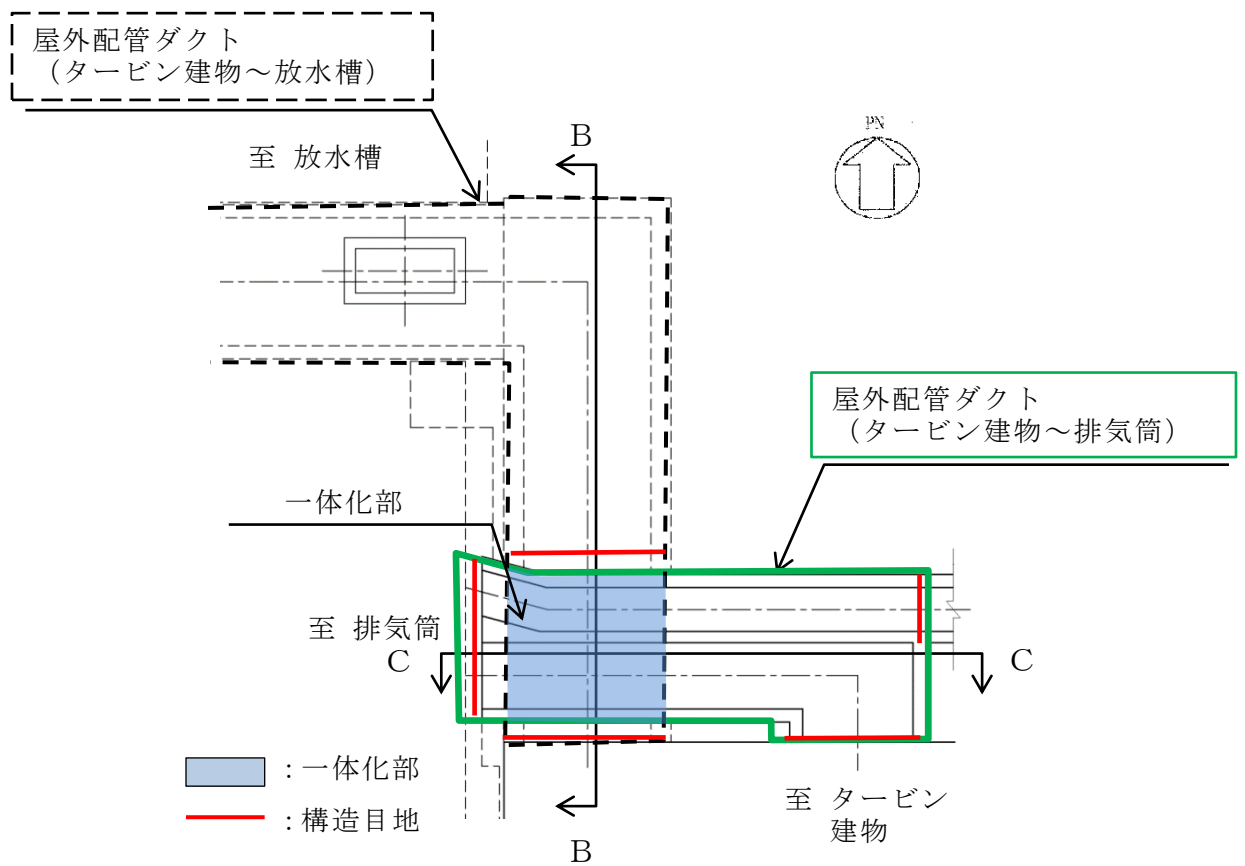


図3-3-49 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 平面図

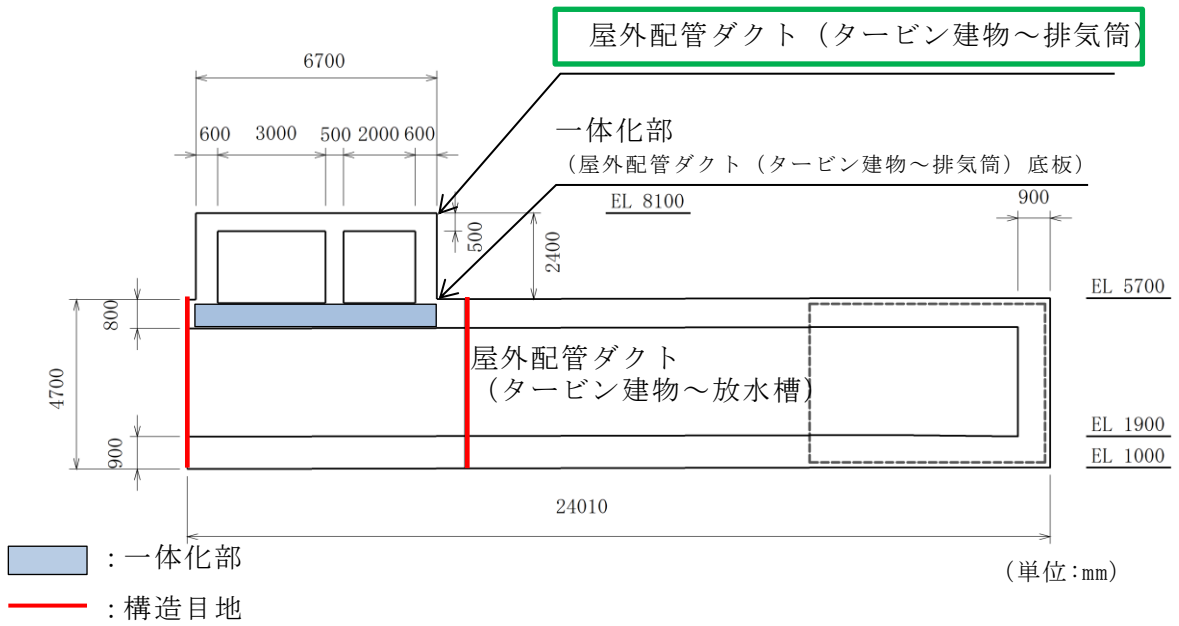


図 3-3-50 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (B-B 断面)

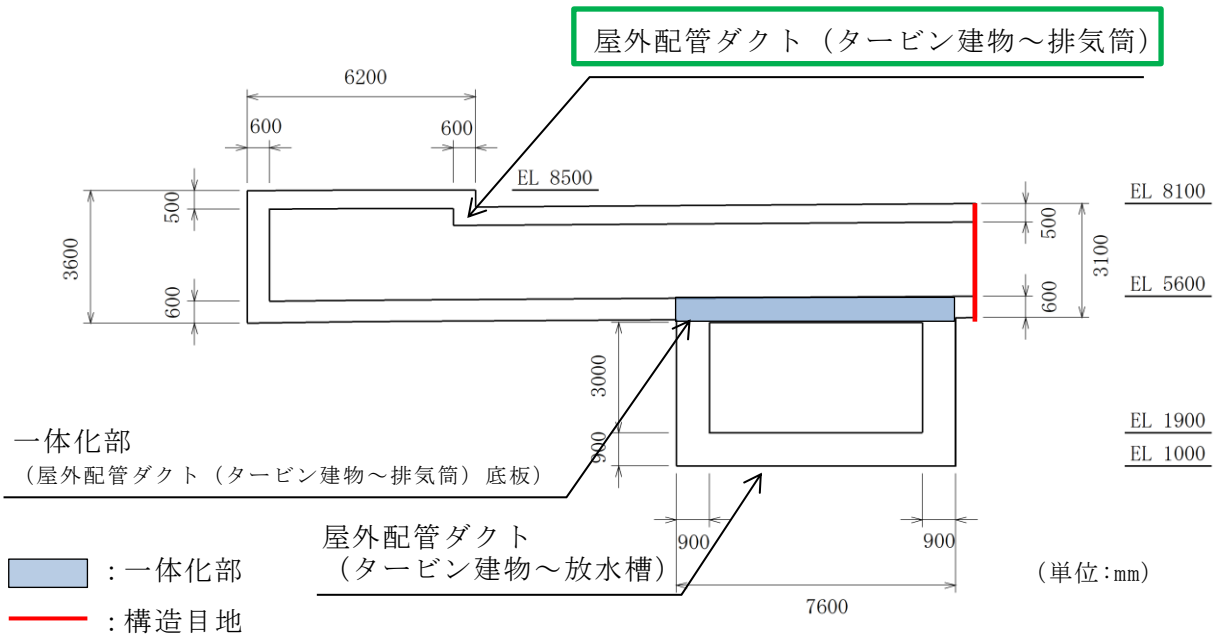


図 3-3-51 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (C-C 断面)

(3) 円筒状構造物

円筒状構造物については、取水口及び復水貯蔵タンク遮蔽壁に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。円筒状構造物の平面図及び断面図を図3-3-52～図3-3-56に示す。

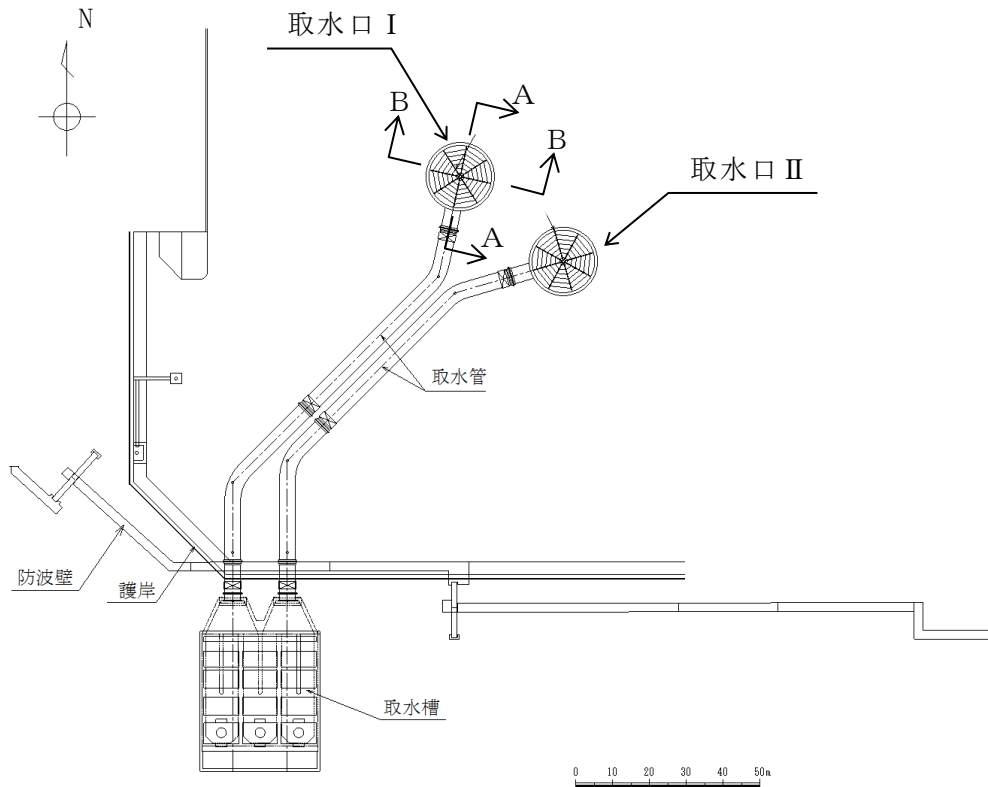


図 3-3-52 取水口 平面図

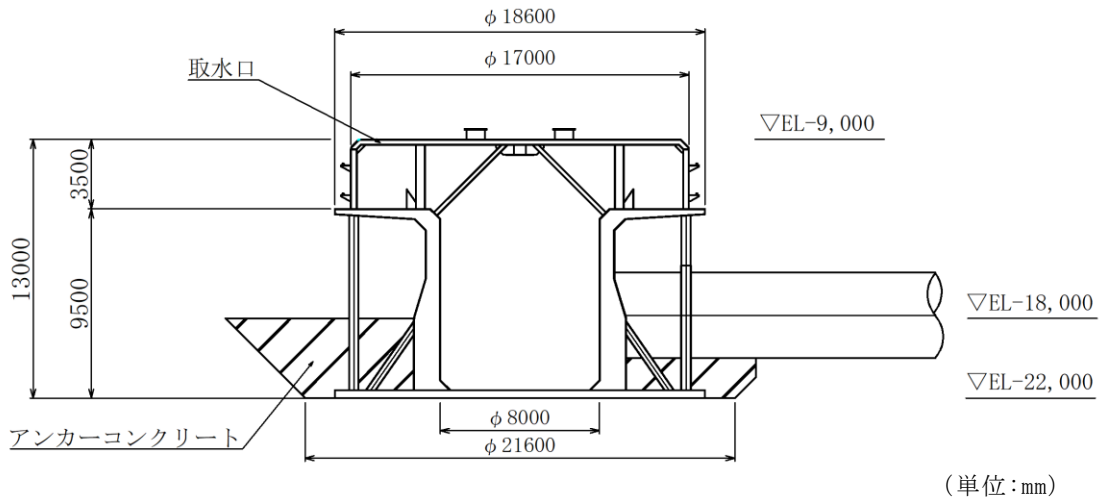


図 3-3-53 取水口 断面図 (A-A 断面)

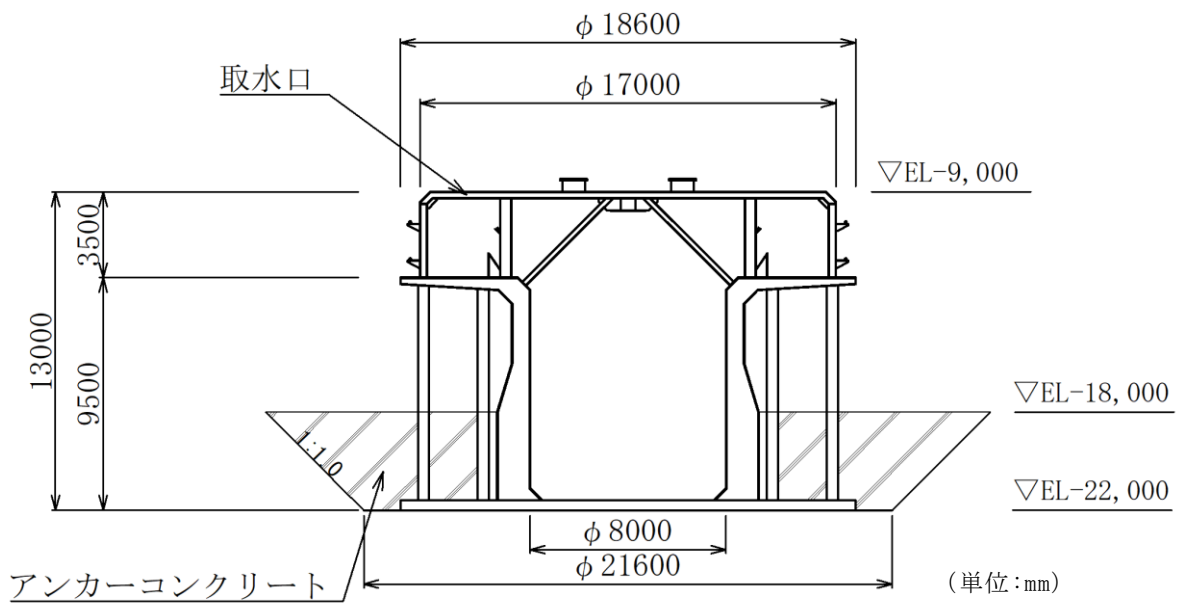


図 3-3-54 取水口 断面図 (B-B 断面)

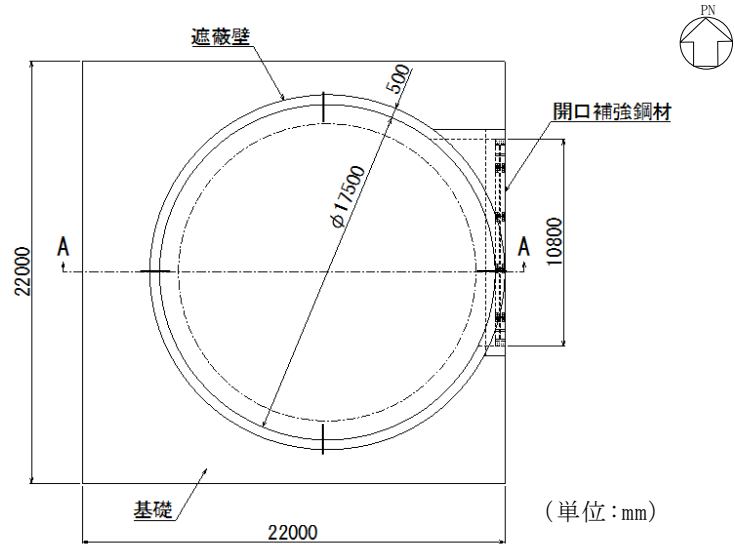


図 3-3-55 復水貯蔵タンク遮蔽壁 平面図

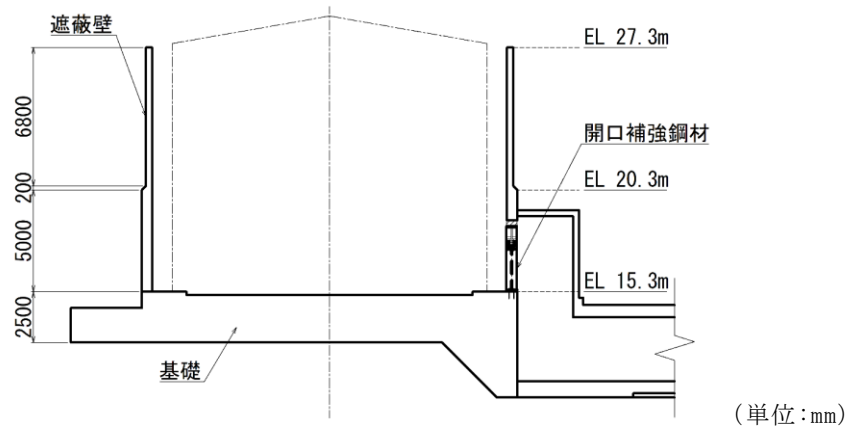


図 3-3-56 復水貯蔵タンク遮蔽壁 断面図 (A-A 断面)

## )4) 直接基礎

直接基礎については、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の平面図及び断面図を図3-3-57及び図3-3-58に示す。

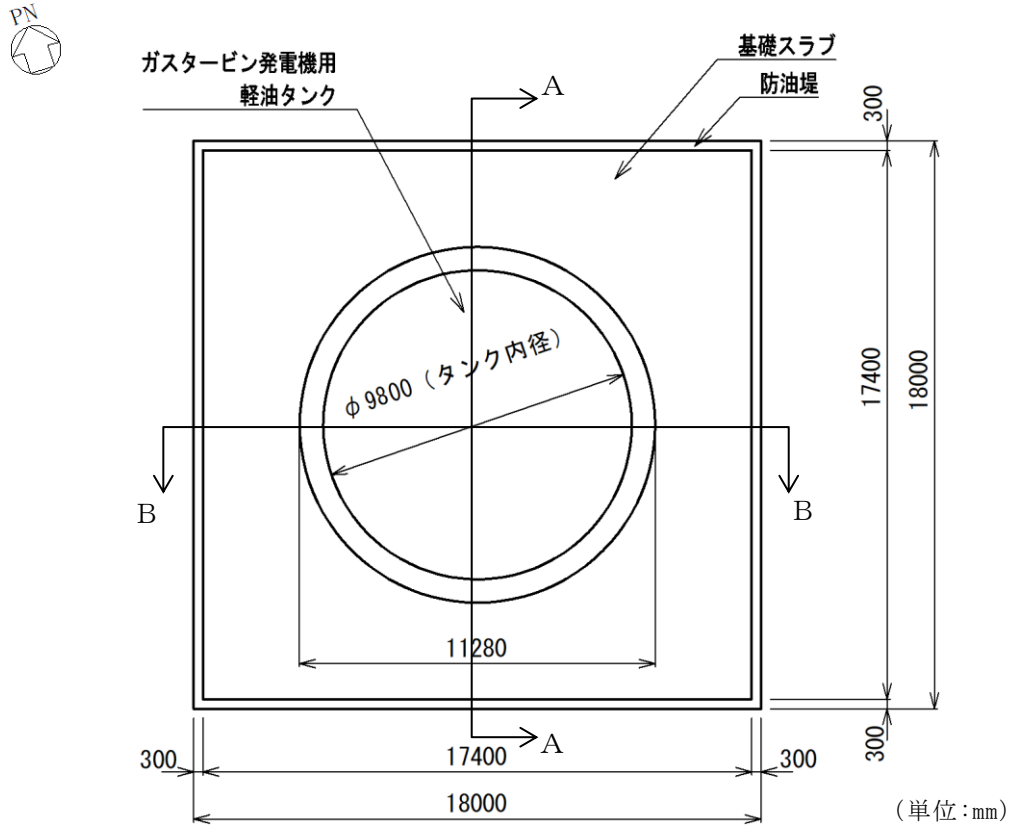
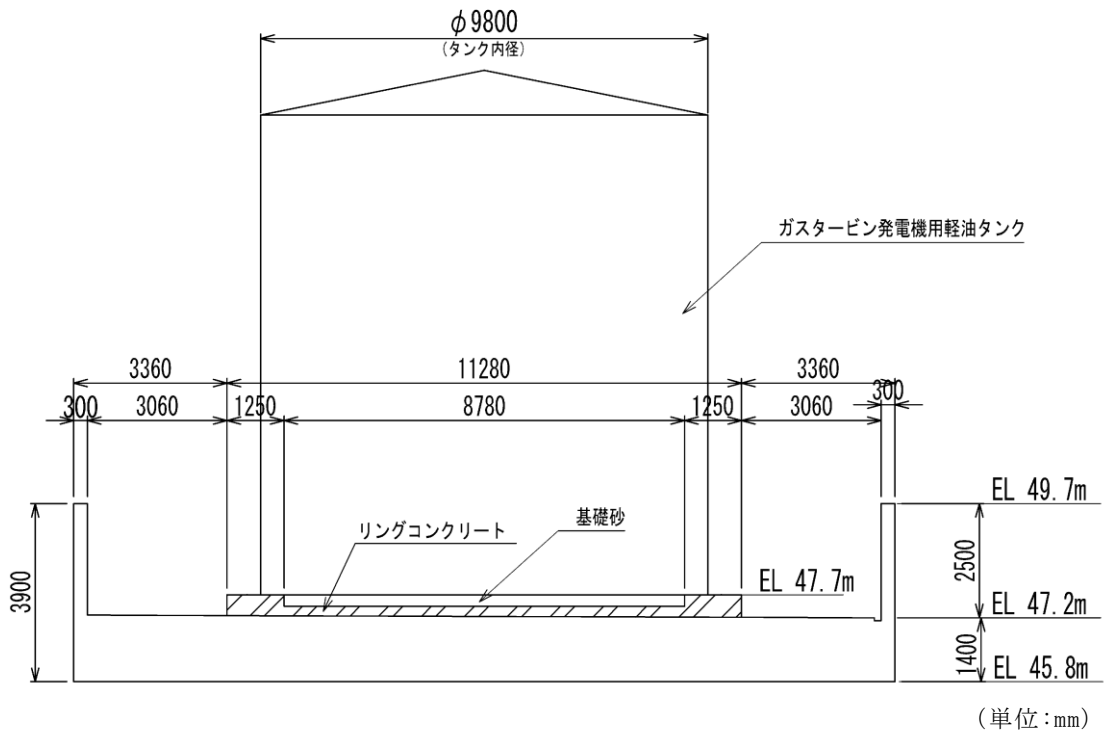


図3-3-57 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 平面図





(5) 管路構造物

管路構造物については，取水管に対して，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。取水管の平面図及び断面図を図 3-3-59～図 3-3-61 に示す。

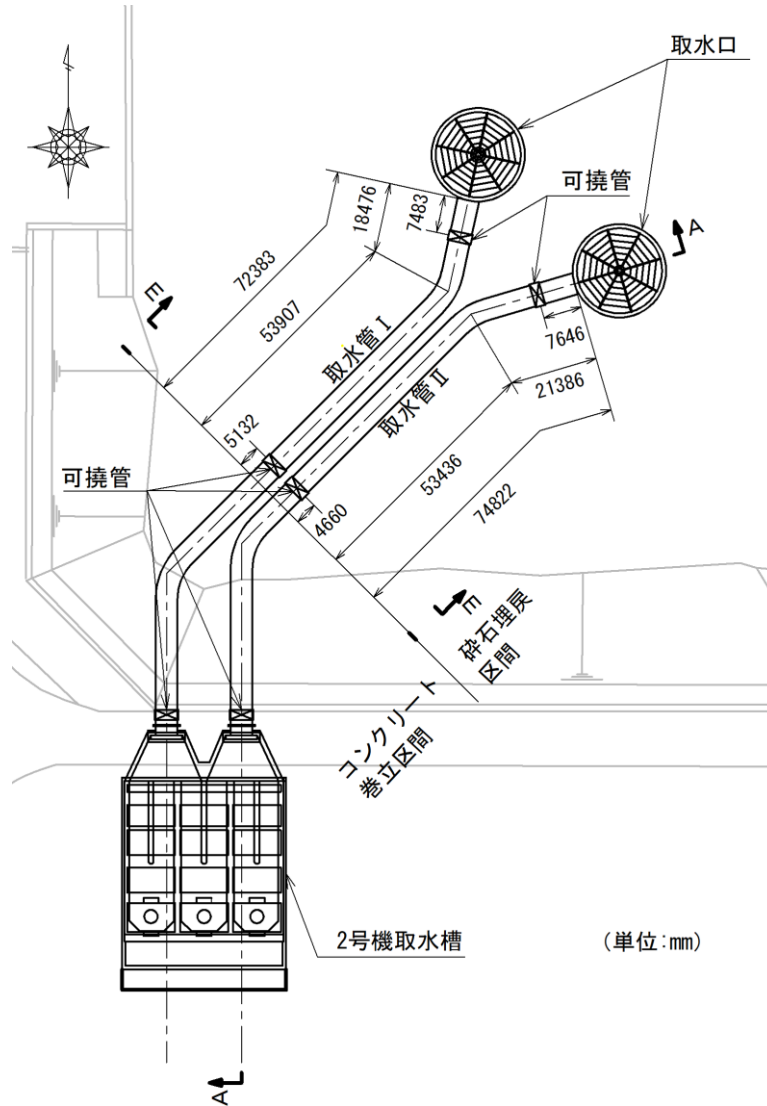


図 3-3-59 取水管 平面図

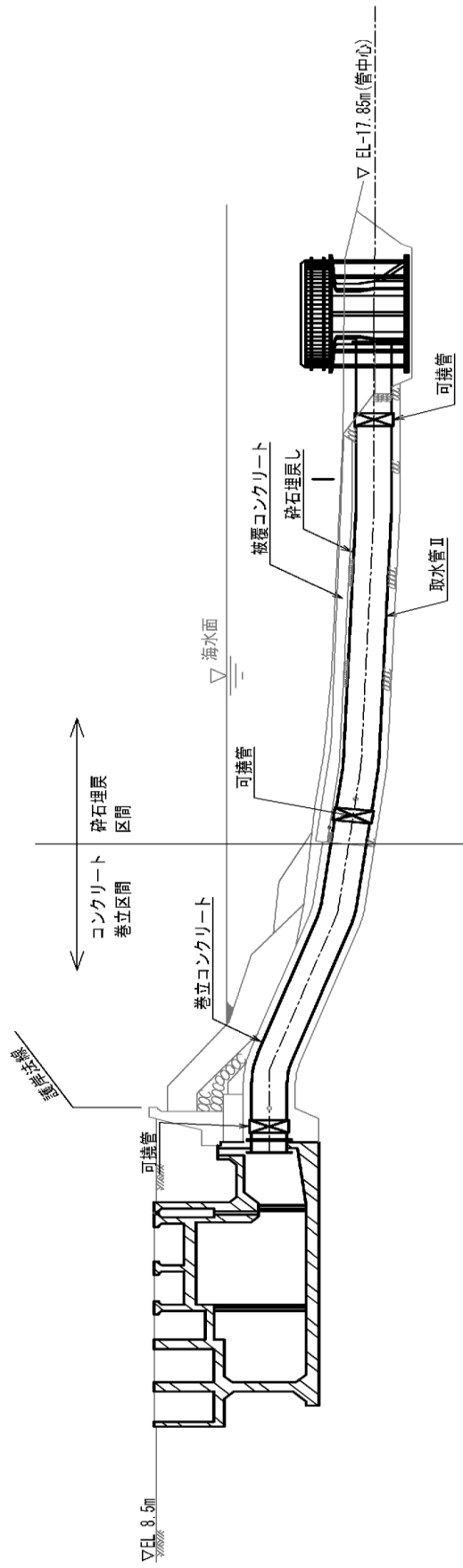


図 3-3-60 取水管 断面図 (A-A 断面)

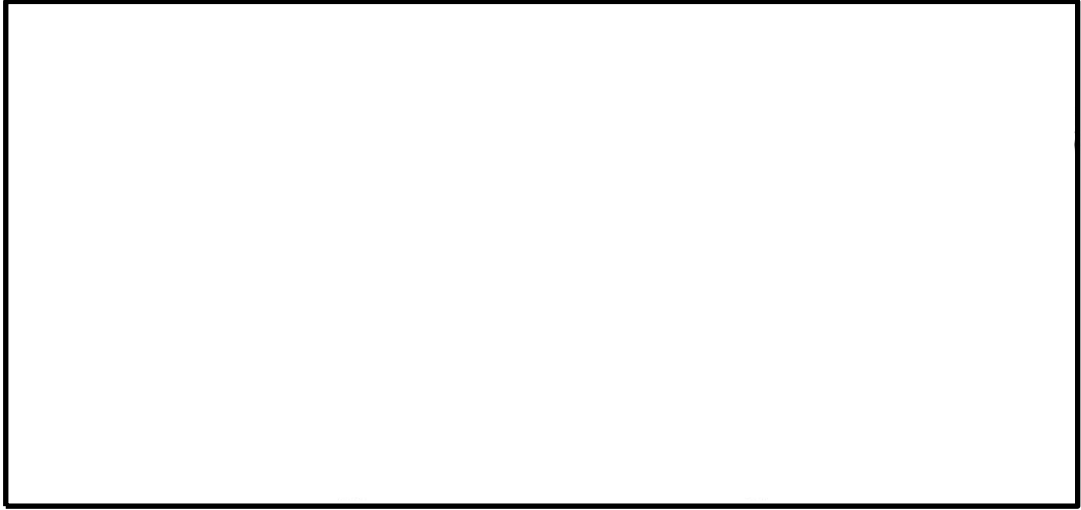


图 3-3-61 取水管 断面图 (E-E 断面)

(6) 鉄骨構造

鉄骨構造については、仮設耐震構台の支持杭に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。仮設耐震構台の平面図及び断面図を図3-3-62～図3-3-64に示す。

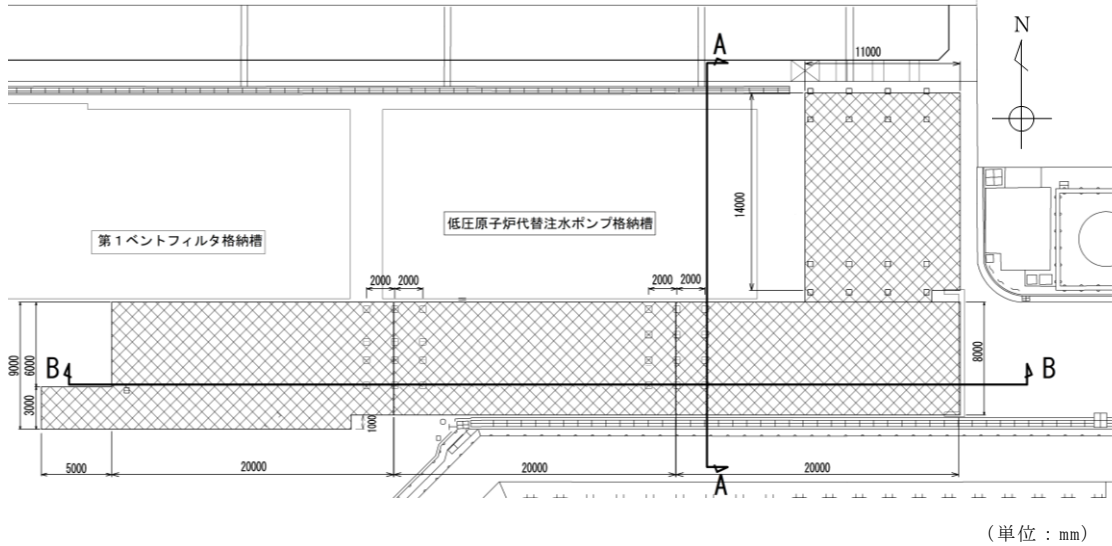


図3-3-62 仮設耐震構台 平面図

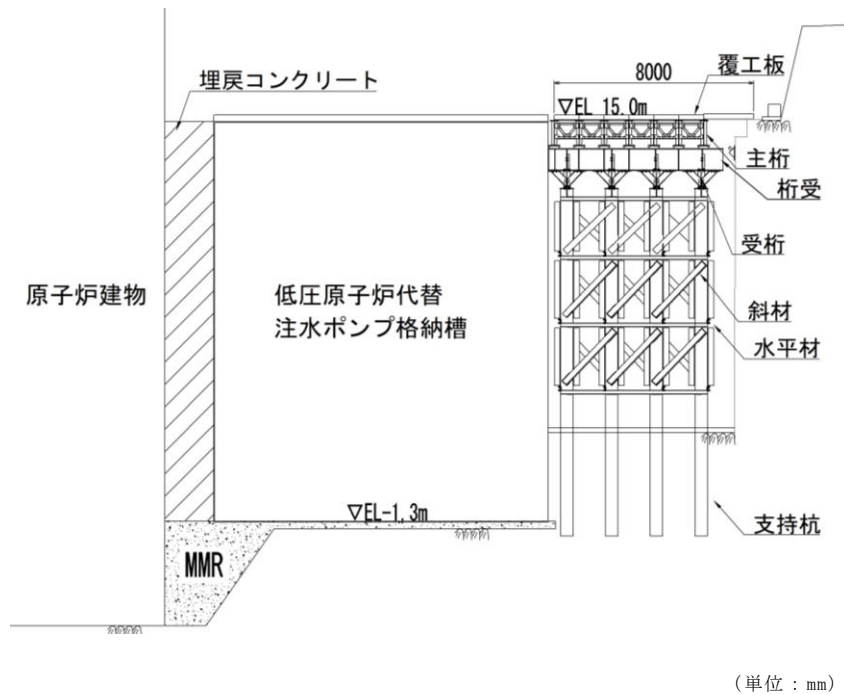
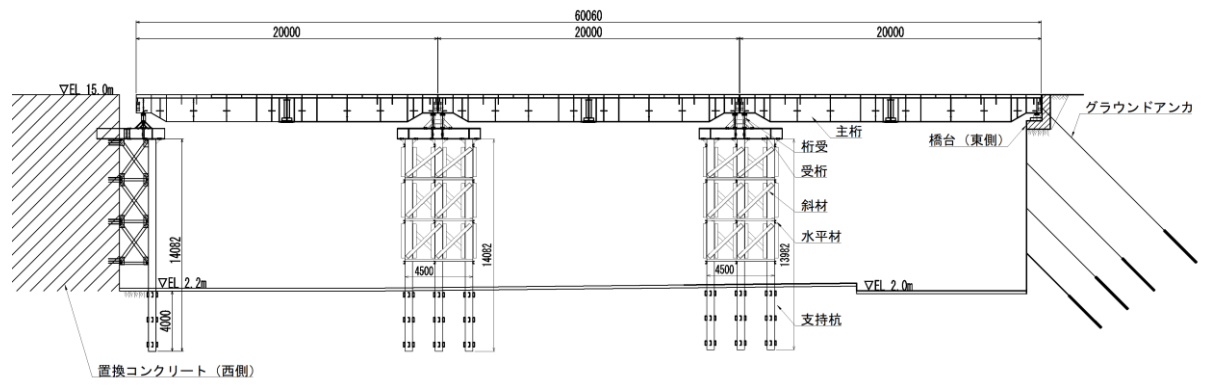


図3-3-63 仮設耐震構台 断面図 (A-A断面)



(単位 : mm)

図 3-3-64 仮設耐震構台 断面図 (B-B 断面)

### 3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

#### (1) 箱型構造物

##### a. 評価方法

箱型構造物のうち、本書においては、矩形の構造物のうち構造が単純で水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が明確なB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽、第1ベントフィルタ格納槽、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び緊急時対策所用燃料地下タンクの評価結果を示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、箱型構造物の弱軸方向断面及び強軸方向断面におけるそれぞれの2次元地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸方向加振における部材照査において、強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 1999 改定)」(以下「RC規準」という。)に準拠し耐震評価を実施する。

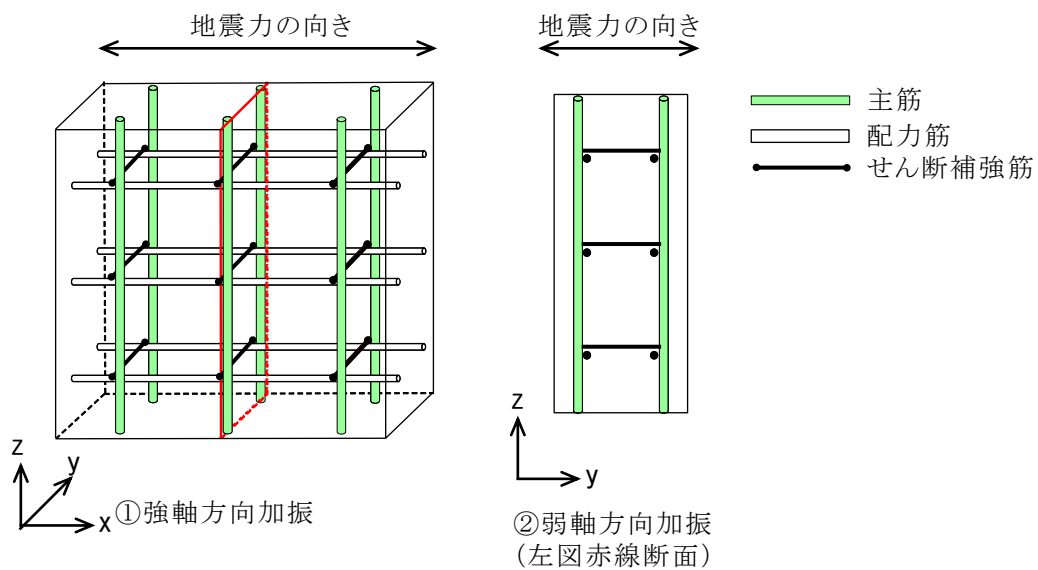
RC規準では、耐震壁に生じるせん断力(面内せん断)に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材に生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担はなく鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方、強軸方向加振にて生じるせん断力を、箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず、鉄筋に負担させる場合、図3-3-65に示すとおり、強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が、弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、強軸方向加振にて発生する応力を、弱軸方向における構造部材の照査に付加することで、その影響の有無を検討する。

弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では、保守的に両方とも基準地震動 $S_s$ を用いる。

図3-3-66に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。

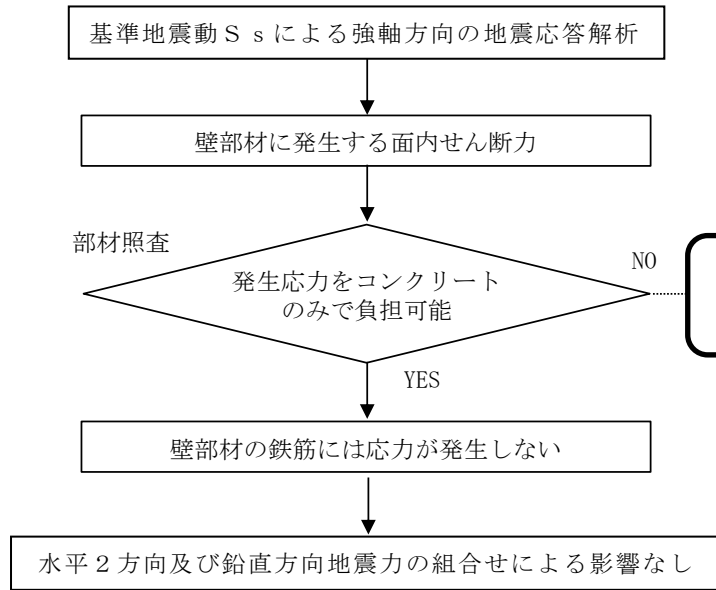


		①強軸方向加振	②弱軸方向加振	備考
断面力	$M_y$ (y軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	$M_x$ (x軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	$N_z$ (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	$N_{zx}$ (zx平面内せん断)	○	×	
	$Q_z$ (z方向面外せん断)	×	○	
応力	主筋	○	○	互いに干渉する可能性あり
	配力筋	○	×	
	せん断補強筋	×	○	

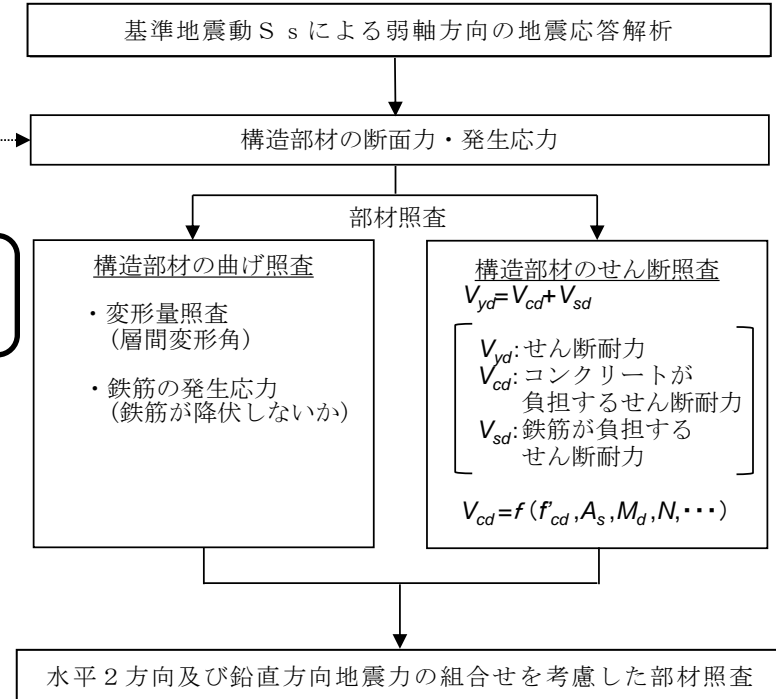
(○：発生する可能性あり，△：発生する可能性があるが極めて軽微，×：発生しない)

図 3-3-65 強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力

○強軸方向での地震応答解析及び部材照査



○弱軸方向での地震応答解析及び部材照査



: 両加振の耐震評価の関連性

図 3-3-66 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー



b. 評価条件

箱型構造物の評価条件については、各構造物それぞれに対応する地震応答計算書に記載の解析手法、解析モデル、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

許容限界は、RC規準を参考に、コンクリートの短期許容せん断応力度  $f_s$  とする。

表 3-3-5 に各構造物におけるコンクリートの短期許容せん断応力度を示す。

表 3-3-5 コンクリートの短期許容せん断応力度

対象構造物	設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	備考
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	24.0	1.11	( $F_c/30$ かつ $0.5 + F_c/100$ 以下) の 1.5 倍
第1ベントフィルタ格納槽			
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽			
緊急時対策所用燃料地下タンク			

## d. 評価結果

## (a) B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽

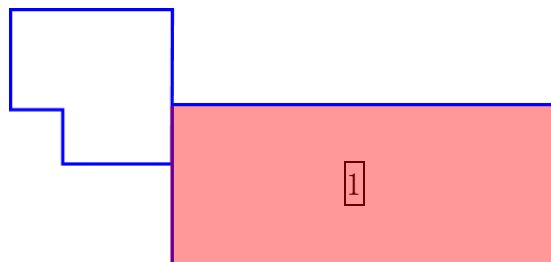
強軸方向断面（B-B断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-3-6に示すとおり最大で0.47（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

なお、B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強軸方向断面については、一部耐震壁を考慮しない弱軸方向断面が存在することから、強軸方向断面となる範囲について、対象部位①のみを耐震壁とみなし、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して評価を行った。

表3-3-6 面内せん断に対する照査結果（対象部位①）

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値
			$\tau_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\max} / f_s$
①	S s - D	++	0.39	1.11	0.36
		-+	0.34		0.31
		+ -	0.40		0.37
		--	0.34		0.31
	S s - F 1	++	0.26		0.24
	S s - F 2	++	0.29		0.27
	S s - N 1	++	0.25		0.23
		-+	0.33		0.30
	S s - N 2 (NS)	++	0.25		0.23
		-+	0.28		0.26
	S s - N 2 (EW)	++	0.25		0.23
		-+	0.28		0.25
②	S s - D	+ -	0.37	0.34	
③	S s - D	+ -	0.47	0.43	

注：評価位置を図3-3-67に示す。



(B-B断面)

図3-3-67 対象部位

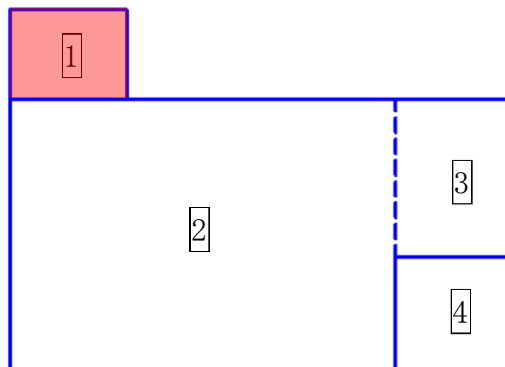
(b) 第1ベントフィルタ格納槽

強軸方向断面（C-C断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-3-7～表3-3-10に示すとおり最大で0.71（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表3-3-7 面内せん断に対する照査結果（対象部位①）

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max}/f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
④	S <sub>s</sub> -D	++	0.21	1.11	0.19
		-+	0.19		0.17
		+ -	0.21		0.19
		--	0.18		0.16
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.15		0.14
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.15		0.14
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.15		0.14
		-+	0.15		0.14
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.14		0.13
		-+	0.12		0.11
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.13	0.12		
	-+	0.12	0.12		
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.15	0.14	
⑥	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.16	0.15	
⑦	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.15	0.14	
⑧	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.16	0.15	

注：評価位置を図3-3-68に示す。



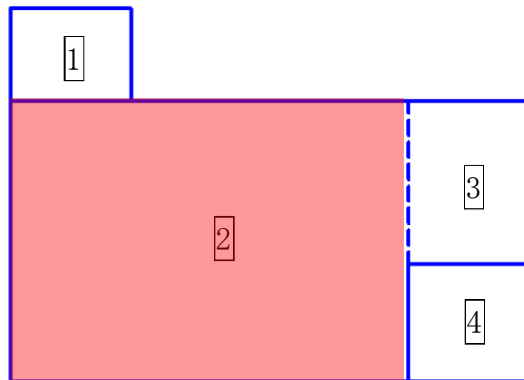
(C-C断面)

図3-3-68 対象部位

表 3-3-8 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 2)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max} / f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
④	S <sub>s</sub> -D	++	0.52	1.11	0.48
		-+	0.51		0.46
		+ -	0.54		0.49
		--	0.49		0.44
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.41		0.37
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.43		0.39
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.47		0.43
		-+	0.48		0.43
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.39		0.36
		-+	0.35		0.32
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.36		0.33
		-+	0.32		0.29
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.47	0.43	
⑥	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.46	0.42	
⑦	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.47	0.43	
⑧	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.47	0.43	

注：評価位置を図 3-3-69 に示す。



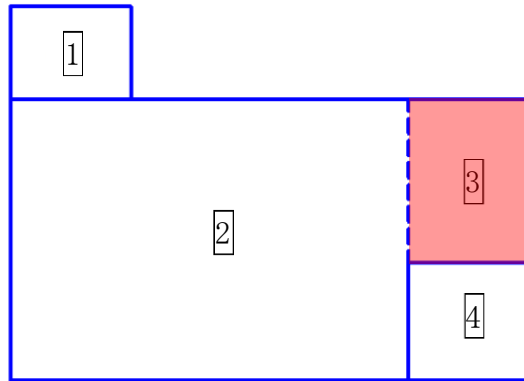
(C-C 断面)

図 3-3-69 対象部位

表 3-3-9 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 3)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max} / f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
④	S <sub>s</sub> -D	++	0.48	1.11	0.43
		-+	0.43		0.39
		+ -	0.55		0.50
		--	0.56		0.50
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.36		0.33
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.35		0.32
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.39		0.36
		-+	0.40		0.37
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.36		0.33
		-+	0.34		0.31
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.39		0.36
		-+	0.36		0.33
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.39	0.36	
⑥	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.39	0.35	
⑦	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.46	0.42	
⑧	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.46	0.41	

注：評価位置を図 3-3-70 に示す。



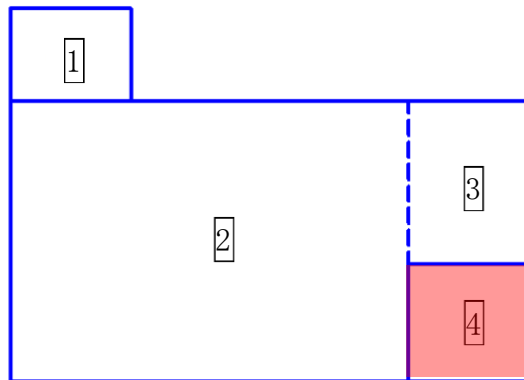
(C-C 断面)

図 3-3-70 対象部位

表 3-3-10 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 4)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{\max}/f_s$
④	S <sub>s</sub> -D	++	0.62	1.11	0.56
		-+	0.71		0.64
		+ -	0.61		0.55
		--	0.70		0.63
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.43		0.39
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.65		0.59
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.55		0.50
		-+	0.49		0.45
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.51		0.47
		-+	0.41		0.38
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.46		0.42
		-+	0.45		0.41
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.55	0.50	
⑥	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.54	0.49	
⑦	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.54	0.49	
⑧	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.53	0.48	

注：評価位置を図 3-3-71 に示す。



(C-C断面)

図 3-3-71 対象部位

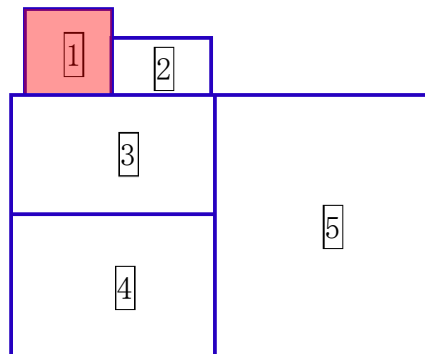
(c) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

強軸方向断面（C-C断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-3-11～表3-3-15に示すとおり最大で0.92（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表3-3-11 面内せん断に対する照査結果（対象部位 1）

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max} / f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.50	1.11	0.45
		-+	0.51		0.47
		+ -	0.48		0.44
		--	0.49		0.45
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.36		0.33
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.39		0.36
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.25		0.23
		-+	0.26		0.24
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.26		0.23
		-+	0.31		0.29
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.33	0.30		
	-+	0.30	0.27		
②	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.25	0.23	
③	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.26	0.24	

注：評価位置を図3-3-72に示す。



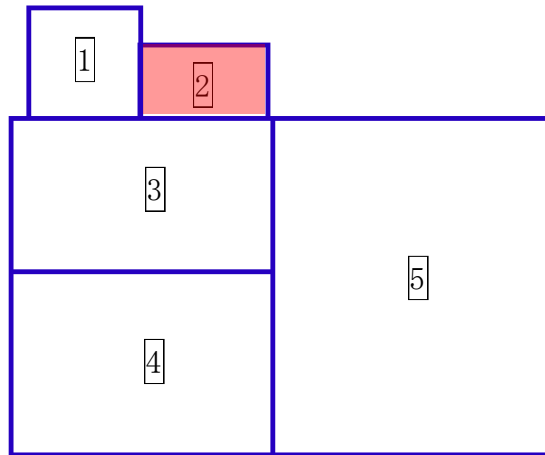
(C-C断面)

図3-3-72 対象部位

表 3-3-12 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 2)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max} / f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.15	1.11	0.14
		-+	0.16		0.15
		+ -	0.15		0.14
		--	0.15		0.14
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.10		0.09
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.11		0.11
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.08		0.08
		-+	0.09		0.08
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.08		0.08
		-+	0.09		0.08
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.08		0.08
-+		0.09	0.09		
②	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.08	0.08	
③	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.08	0.08	

注：評価位置を図 3-3-73 に示す。



(C-C断面)

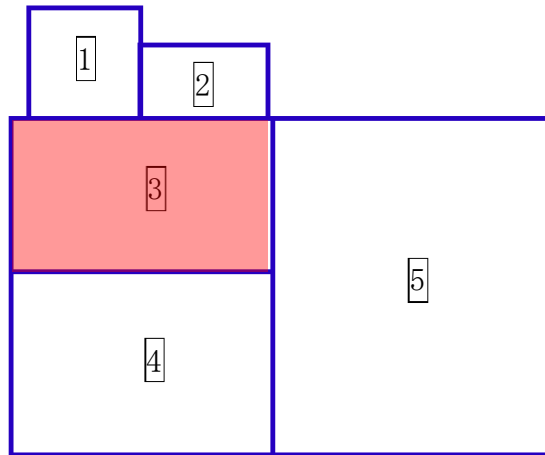
図 3-3-73 対象部位



表 3-3-13 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 3)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max} / f_s$
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.67	1.11	0.61
		-+	0.55		0.50
		+ -	0.69		0.63
		--	0.58		0.53
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.43		0.39
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.49		0.44
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.34		0.31
		-+	0.46		0.42
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.38		0.35
		-+	0.45		0.41
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.40		0.36
		-+	0.46		0.42
②	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.34	0.31	
③	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.34	0.31	

注：評価位置を図 3-3-74 に示す。



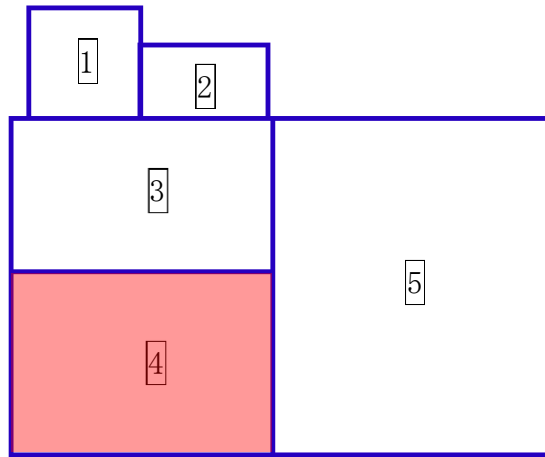
(C-C断面)

図 3-3-74 対象部位

表 3-3-14 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 4)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max} / f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.88	1.11	0.80
		-+	0.89		0.81
		+ -	0.92		0.84
		--	0.87		0.79
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.64		0.58
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.74		0.67
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.57		0.51
		-+	0.60		0.55
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.57		0.52
		-+	0.54		0.49
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.56		0.51
-+		0.62	0.56		
②	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.57	0.52	
③	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.56	0.51	

注：評価位置を図 3-3-75 に示す。



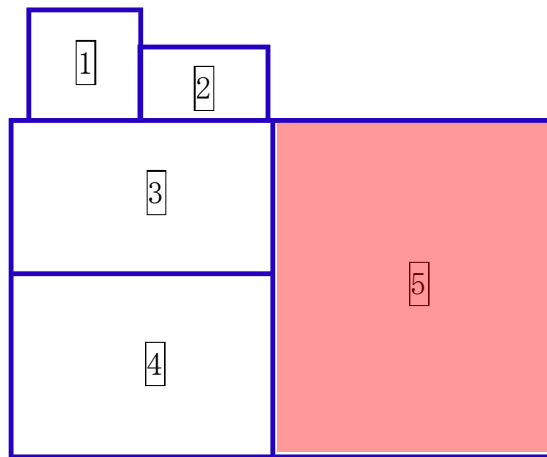
(C-C断面)

図 3-3-75 評価位置図

表 3-3-15 面内せん断に対する照査結果 (対象部位 5)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{\max} / f_s$
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.69	1.11	0.63
		-+	0.85		0.77
		+ -	0.70		0.64
		--	0.88		0.80
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.59		0.54
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.75		0.68
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.59		0.54
		-+	0.44		0.40
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.54		0.49
		-+	0.45		0.41
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.57		0.52
		-+	0.48		0.43
②	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.58	0.53	
③	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.60	0.55	

注：評価位置を図 3-3-76 に示す。



(C-C断面)

図 3-3-76 対象部位

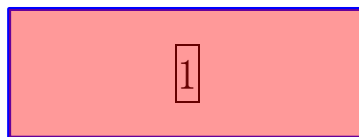
(d) 緊急時対策所用燃料地下タンク

強軸方向断面（B－B断面）にて発生する面内せん断応力度は、表 3－3－16 に示すとおり最大で 0.23（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は 1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は 1.0 を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表 3－3－16 面内せん断に対する照査結果（対象部位 ①）

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max} / f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.22	1.11	0.20
		-+	0.20		0.18
		+ -	0.23		0.21
		--	0.20		0.18
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.01		0.01
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.01		0.01
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.19		0.17
		-+	0.20		0.19
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.15		0.14
		-+	0.18		0.17
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.14		0.13
		-+	0.16		0.14
②	S <sub>s</sub> -D	+ -	0.23	0.20	
③	S <sub>s</sub> -D	+ -	0.22	0.20	

注：評価位置を図 3－3－77 に示す。



（B－B断面）

図 3－3－77 対象部位

## (2) 箱型構造物 (1) 箱型構造物と構造的特徴が異なるもの)

## a. 評価方法

1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁については、部材の補強を目的として漸拡ダクト部に充填コンクリートによる対策工を実施しているため、一般的な箱型構造物と構造的特徴が異なる。1号機取水槽評価対象部材の平面図を図3-3-78に、断面図を図3-3-79に示す。

対策工を実施することにより、内空部分を充填コンクリートで閉塞するため、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響については、表3-3-17のとおり漸拡ダクト部充填コンクリートを対象とする。

評価方法については、VI-2-11-2-4「1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版の耐震性についての計算書」に記載のせん断破壊及び引張破壊に対する局所安全係数を用いた照査において、最も厳しい局所安全係数に対し、水平2方向の地震力を考慮した基準値として、 $\sqrt{2}$  ( $\approx 1.42$ ) 以上であることを確認する。

表3-3-17 水平2方向加振時の評価対象部材選定の考え方

	評価対象部材選定の考え方	
	(参考) 水平1方向加振	水平2方向加振
1号機取水槽北側壁	面外方向の荷重を北側壁で負担することから、北側壁を選定する。	面外直交の荷重は、北側壁と比較して剛性の大きい漸拡ダクト部充填コンクリートで負担することから、 <u>漸拡ダクト部充填コンクリートを選定する。</u>
1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版	面外方向の荷重を漸拡ダクト部充填コンクリートで負担することから、漸拡ダクト部充填コンクリートを選定する。	面外直交方向の荷重を漸拡ダクト部充填コンクリートで負担することから、 <u>漸拡ダクト部充填コンクリートを選定する。</u>



図 3-3-78 1号機取水槽評価対象部材 平面図

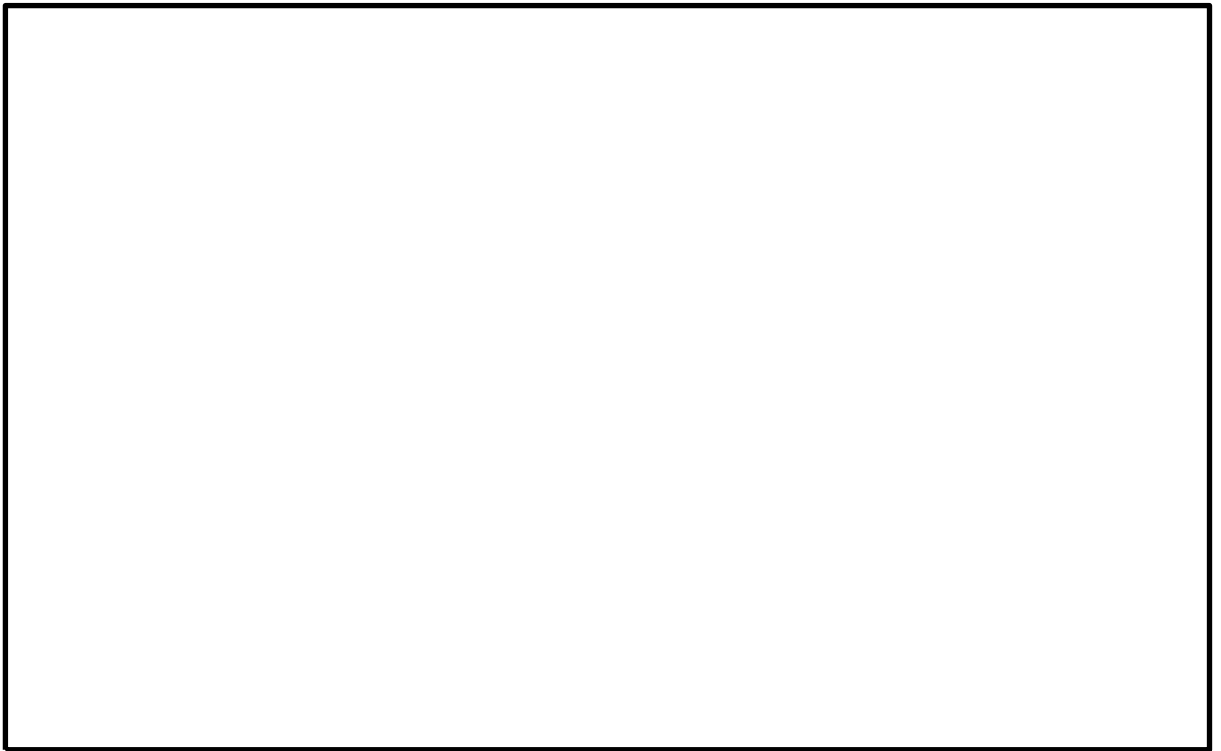


図 3-3-79 1号機取水槽評価対象部材 断面図

## b. 評価条件

VI-2-10-2-6「1号機取水槽流路縮小工の耐震性についての計算書」及びVI-2-11-2-4「1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版の耐震性についての計算書」に記載の解析手法，解析モデル，解析ケース及び地震動とする。

## c. 許容限界

許容限界は，VI-2-11-2-4「1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版の耐震性についての計算書」に記載のせん断破壊及び引張破壊に対する局所安全係数を用いた照査において，最も厳しい局所安全係数に対し，水平2方向の地震力を考慮した基準値として， $\sqrt{2}$ （ $\approx 1.42$ ）以上であることを確認する。

## d. 評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく漸拡ダクト部充填コンクリートの評価結果を表3-3-18及び表3-3-19に示す。

漸拡ダクト部充填コンクリートのせん断破壊及び引張破壊に対する局所安全係数は，基準値1.42を上回ることを確認した。

表3-3-18 漸拡ダクト部充填コンクリートのせん断破壊に対する局所安全係数

解析 ケース	地震動	せん断応力 S (N/mm <sup>2</sup> )	せん断強度 R (N/mm <sup>2</sup> )	局所安全係 数 f <sub>s</sub>
①	S <sub>s</sub> -D (--)	1.79	4.12	1.42 < 2.30

表3-3-19 漸拡ダクト部充填コンクリートの引張破壊に対する局所安全係数

解析 ケース	地震動	引張応力 S (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 R (N/mm <sup>2</sup> )	局所安全係 数 f <sub>s</sub>
①	S <sub>s</sub> -D (-+)	0.74	1.72	1.42 < 2.32

(3) 3次元構造解析で耐震評価を行っている箱型構造物

a. 評価方法

妻壁を耐震要素として考慮する箱型構造物である取水槽は、3次元構造解析モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を考慮して耐震評価を行ったため、3次元構造解析モデルにて実施した耐震評価結果を示す。

b. 評価条件

評価条件については、VI-2-2-19「取水槽の耐震性についての計算書」に記載の解析手法、解析モデル、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

許容限界は、VI-2-2-19「取水槽の耐震性についての計算書」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

(a) 取水槽

水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動の組合せを表3-3-20に示す。

水平2方向載荷に対する評価結果について、各部材において最も厳しい照査値となる解析ケース及び地震動の組合せを表3-3-21～表3-3-25に示す。同表より、コンクリートの圧縮縁ひずみ、主筋ひずみ及びせん断力及び面内せん断ひずみが、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。



表 3-3-20 水平 2 方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動

	解析ケース		地震動
	主方向	従方向	
曲げ・軸力系の破壊に対する照査（主筋ひずみ）	ケース①	ケース⑥	S s - D (++)
せん断破壊に対する照査	ケース②	ケース⑦	S s - D (-+)

表 3-3-21 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*	解析ケース		地震動	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
		主方向	従方向		
底版	1	②	⑦	S s - D (-+)	0.07
中床版	11	①	⑥	S s - D (++)	0.24
側壁	44	②	⑦	S s - D (-+)	0.43
隔壁	131	①	⑥	S s - D (++)	0.12
導流壁	61	②	⑦	S s - D (-+)	0.18
妻壁	81	①	⑥	S s - D (++)	0.07
分離壁	70	①	⑥	S s - D (++)	0.02
控壁	71	①	⑥	S s - D (++)	0.10

注記\*：評価位置は図 3-3-80～図 3-3-82 に示す。

表 3-3-22 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*	解析ケース		地震動	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
		主方向	従方向		
底版	—	—	—	—	—
中床版	29	①	⑥	S s - D (++)	0.82
側壁	43	②	⑦	S s - D (-+)	0.81
隔壁	131	①	⑥	S s - D (++)	0.58
導流壁	—	—	—	—	—
妻壁	—	—	—	—	—
分離壁	70	①	⑥	S s - D (++)	0.06
控壁	—	—	—	—	—

注記\*：評価位置は図 3-3-80～図 3-3-82 に示す。

表 3-3-23 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果（主筋ひずみ）

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*1	解析ケース		地震動	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
		主方向	従方向		
底版*3	—	—	—	—	—
中床版	28	②	⑦	S s - D (- +)	0.94
	(23)*2	(①)*2	(⑥)*2	(S s - D (++))*2	(0.70)*2
側壁	43	②	⑦	S s - D (- +)	0.90
隔壁	131	①	⑥	S s - D (++)	0.95
	(121)*2	(①)*2	(⑥)*2	(S s - D (++))*2	(0.36)*2
導流壁*3	—	—	—	—	—
妻壁*3	—	—	—	—	—
分離壁	66	①	⑥	S s - D (++)	0.06
控壁*3	—	—	—	—	—

注記\*1：評価位置は図 3-3-80～図 3-3-82 に示す。

\*2：要素の平均化を実施した要素のうち、最大の照査値を括弧内に示す。

\*3：おおむね弾性範囲内となる許容限界に対する照査が必要でない部材

表 3-3-24 せん断破壊に対する照査結果

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*1	解析ケース		地震動	照査値 $V_d / V_{y d}$
		主方向	従方向		
底版	1	②	⑦	S s - D (-+)	0.62
中床版	34 (34)*2	② (②)*2	⑦ (⑦)*2	S s - D (-+) (S s - D (-+))*2	0.92 (0.92)*2
側壁	41 54*2 (41)*3	② (ケース①)*2 [ケース①]*3	ケース⑦ (ケース⑥)*2 [ケース⑥]*3	S s - D (-+) (S s - D (++))*2 [S s - D (++)]*3	0.99 (0.87)*2 [0.82]*3
隔壁	141 (141)*2	② (②)*2	⑦ (⑦)*2	S s - D (-+) (S s - D (-+))*2	0.73 (0.73)*2
導流壁	62	①	⑥	S s - D (-+)	0.39
妻壁	81	①	⑥	S s - D (++)	0.50
分離壁	66	①	⑥	S s - D (++)	0.17
控壁	71	①	⑥	S s - D (++)	0.43

注記\*1：評価位置は図 3-3-80～図 3-3-82 に示す。

\*2：要素の平均化を実施した要素のうち，最大の照査値を括弧内に示す。

\*3：線形被害則による照査結果を角括弧内に示す。

表 3-3-25 壁部材の面内せん断に対する照査

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*	解析ケース		地震動	照査値 $\gamma_d / \gamma_R$
		主方向	従方向		
底版	—	—	—	—	—
中床版	—	—	—	—	—
側壁	—	—	—	—	—
隔壁	106	①	⑥	S s - D (++)	0.81
導流壁	—	—	—	—	—
妻壁	94	②	⑦	S s - D (-+)	0.21
分離壁	—	—	—	—	—
控壁	—	—	—	—	—

注記\*：評価位置は図 3-3-80～図 3-3-82 に示す。

【底版，中床版】

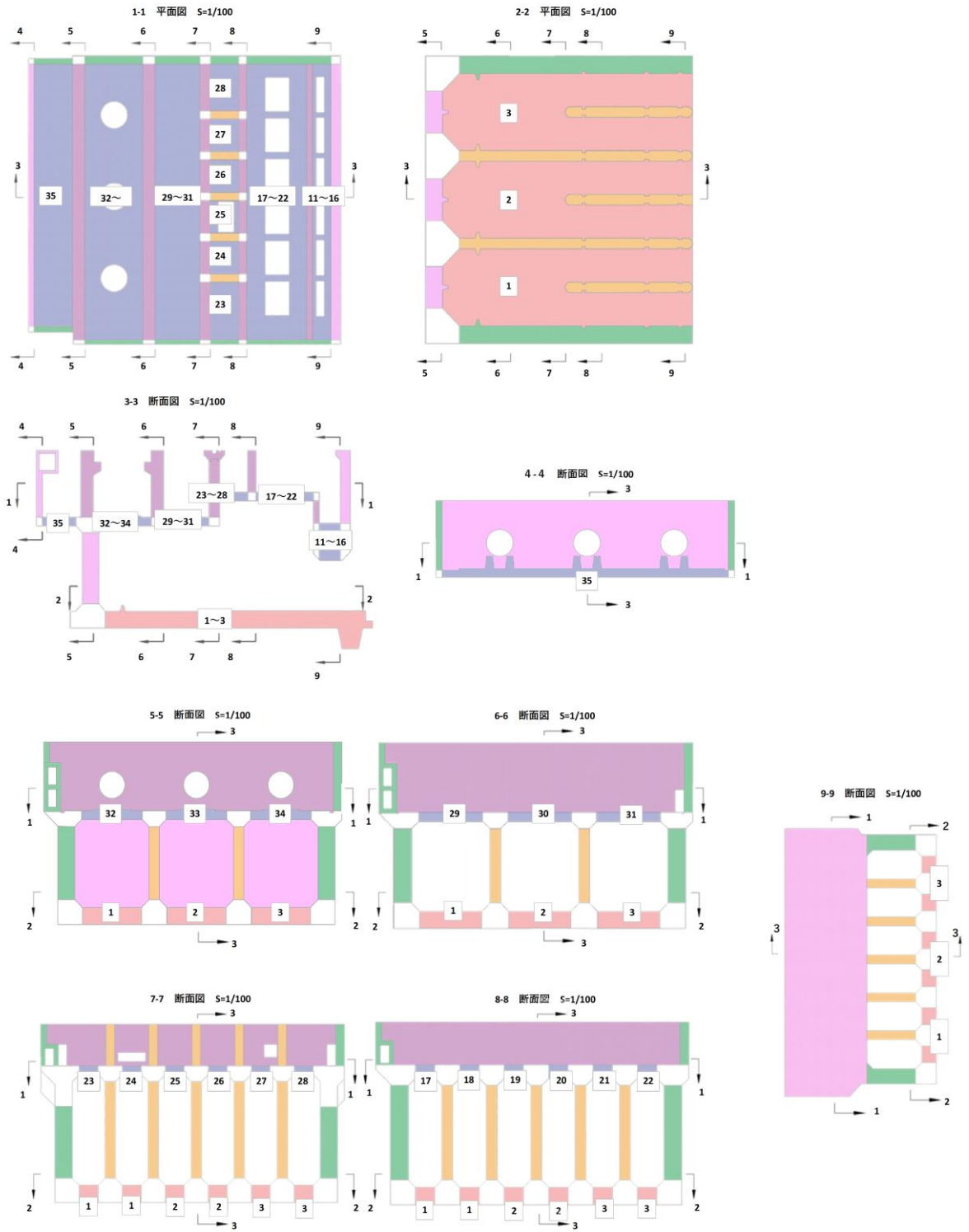


図 3-3-80 評価位置図（底版，中床版）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

【側壁，導流壁，分離壁，控壁】

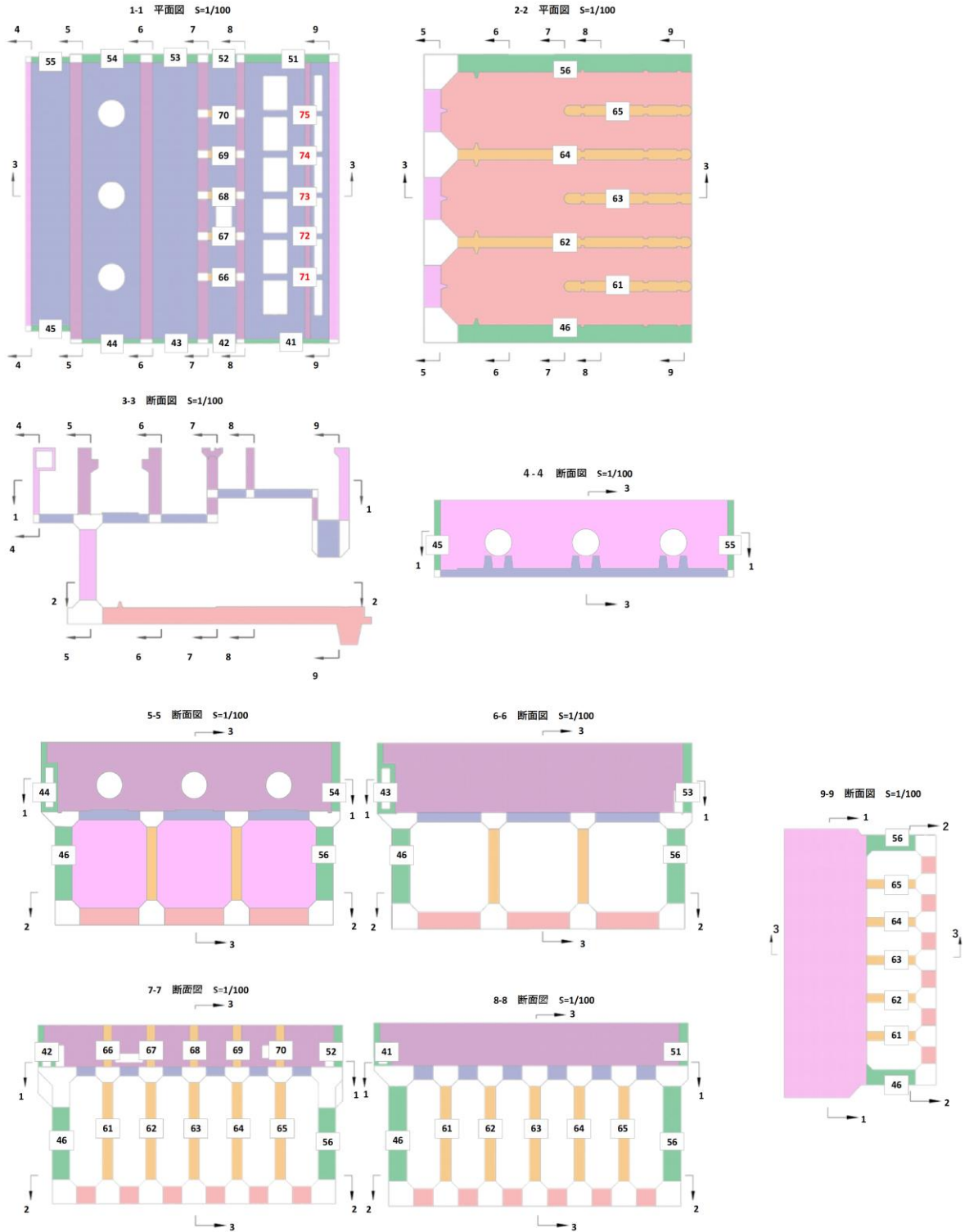


図 3-3-81 評価位置図（側壁，導流壁，分離壁，控壁）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

【隔壁，妻壁】

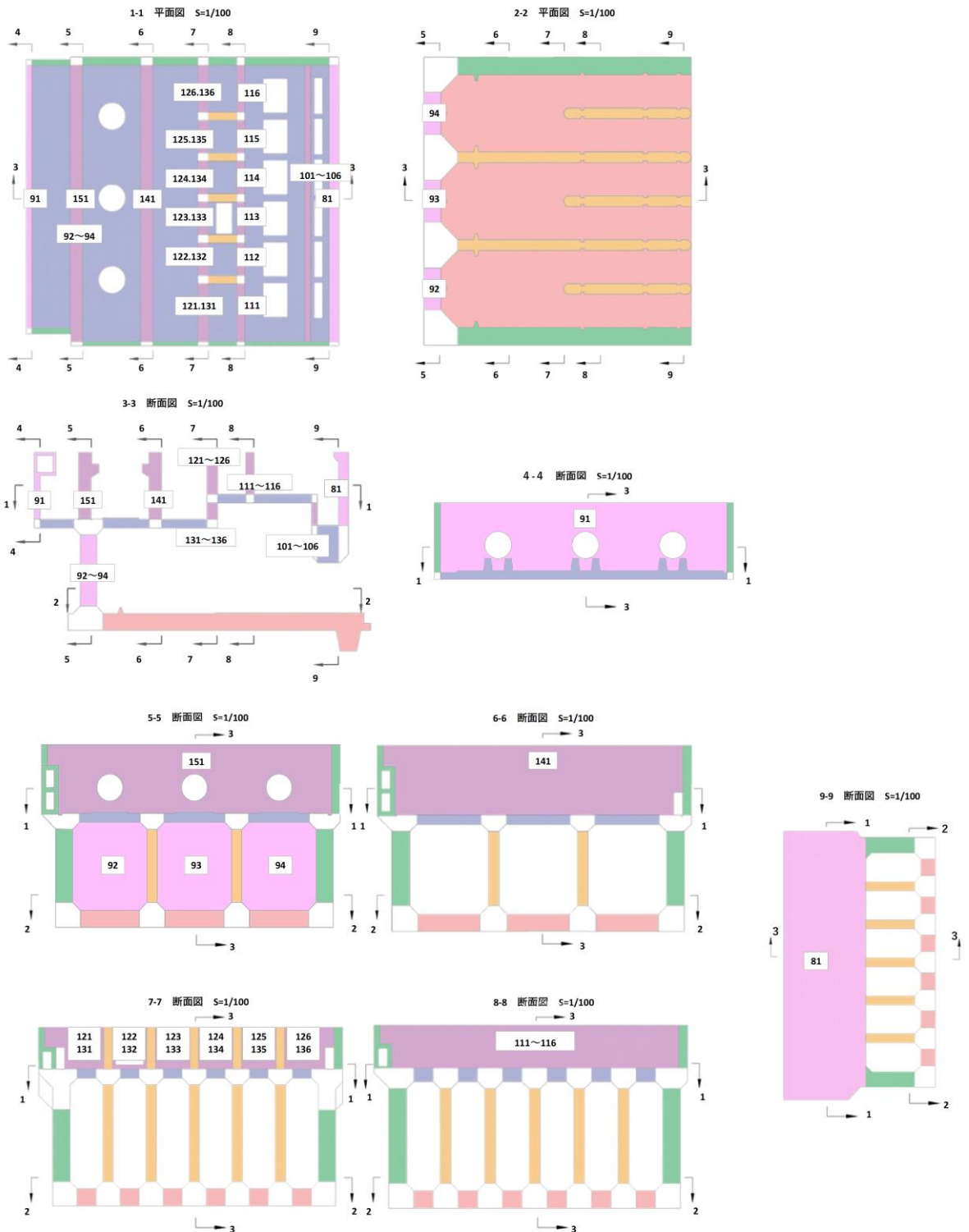


図 3-3-82 評価位置図（隔壁，妻壁）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）



(4) 線状構造物

a. 評価方法

一部範囲において、3次元的な応答特性が想定される屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は、3次元構造解析モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を考慮して耐震評価を行ったため、3次元構造解析モデルにて実施した耐震評価結果を示す。

b. 評価条件

評価条件については、VI-2-2-21「屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の耐震性についての計算書」のうち別紙1「屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の一体化部における耐震性についての計算書」に記載の解析手法、解析モデル、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

許容限界は、VI-2-2-21「屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の耐震性についての計算書」のうち別紙1「屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の一体化部における耐震性についての計算書」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動の組合せを表3-3-26に示す。

水平2方向載荷に対する評価結果について、各部材において最も厳しい照査値となる解析ケース及び地震動の組合せを表3-3-27及び表3-3-28に示す。同表より、コンクリート圧縮縁ひずみ及びせん断力が、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表 3-3-26 水平 2 方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動

	解析ケース		地震動
	主方向	従方向	
曲げ・軸力系の破壊に対する照査 (コンクリート圧縮縁ひずみ)	ケース②		S <sub>s</sub> -D (++)
せん断破壊に対する照査	ケース②		

表 3-3-27 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果 (コンクリート圧縮縁ひずみ)

評価部材*		水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ			
		解析ケース		地震動	照査値 $\varepsilon_d / \varepsilon_R$
		主方向	従方向		
頂版	9	ケース②		S <sub>s</sub> -D (++)	0.03
側壁	7				0.05
隔壁	8				0.04
底版	4				0.03

注記\* : 評価位置は図 3-3-83 及び図 3-3-84 に示す。

表 3-3-28 せん断破壊に対する照査結果

評価部材* <sup>1</sup>		水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ			
		解析ケース		地震動	照査値 $V_d / V_{y d}$
		主方向	従方向		
頂版	9	ケース②		S <sub>s</sub> -D (++)	0.77
側壁	7				1.36 [0.60] <sup>*2</sup>
隔壁	8				0.994 <sup>*3</sup>
底版	4				1.24 [0.52] <sup>*2</sup>

注記\*1 : 評価位置は図 3-3-83 及び図 3-3-84 に示す。

\*2 : 線形被害則による照査結果を角括弧内に示す。

\*3 : 小数点以下第 4 位を切り上げ

【頂版，底版】

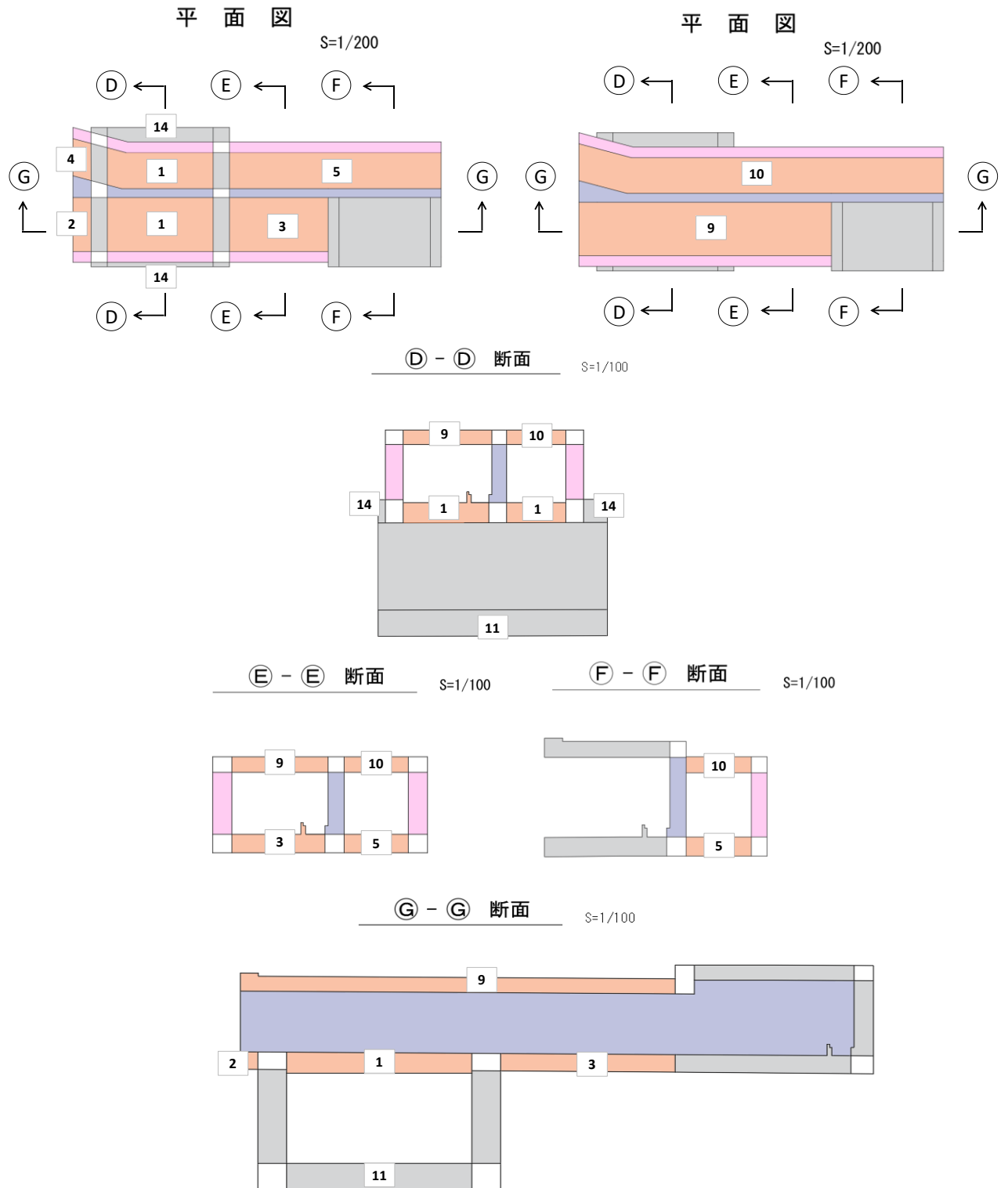


図 3-3-83 評価位置図（頂版，底版）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

【側壁，隔壁】

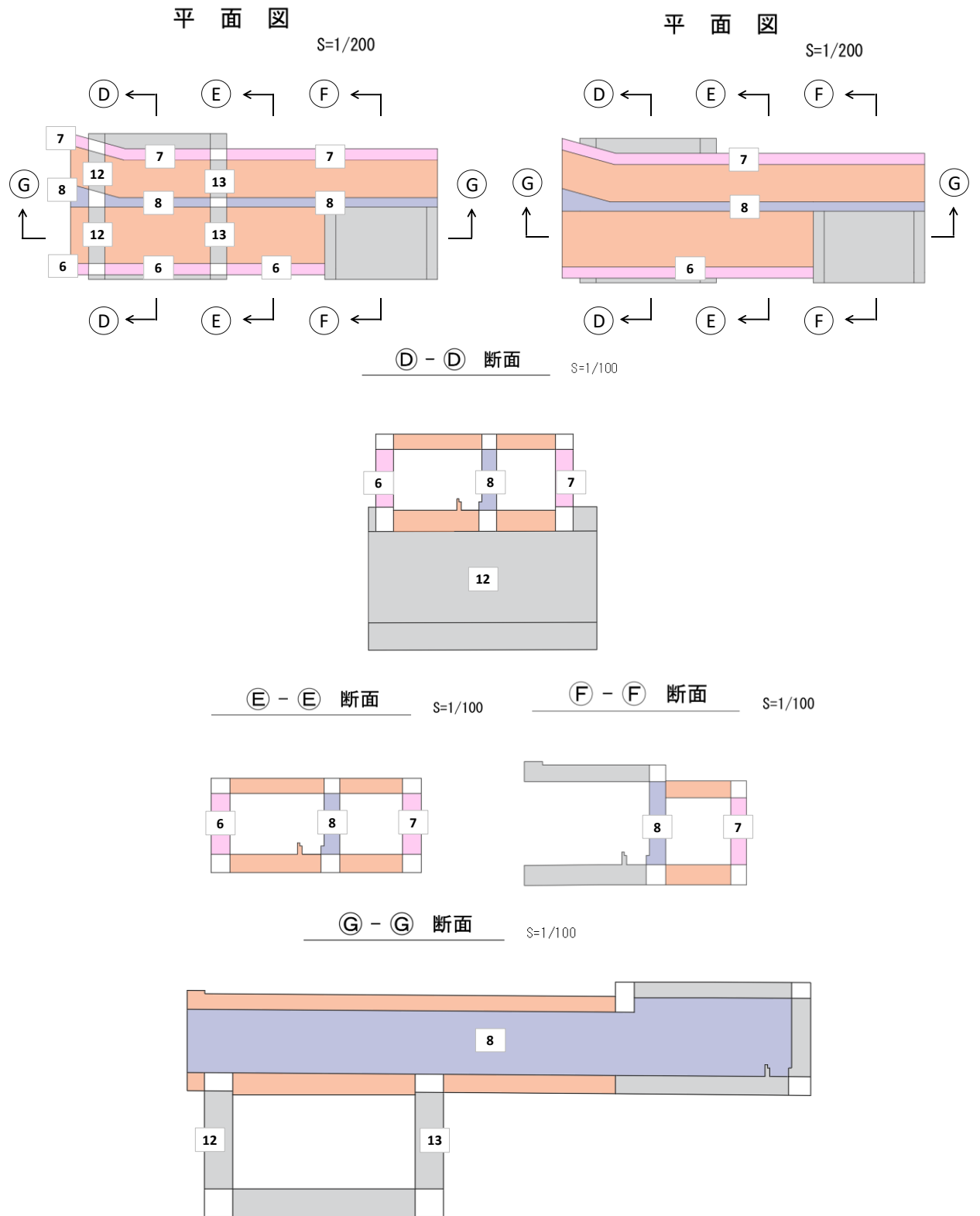


図 3-3-84 評価位置図（側壁，隔壁）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

(5) 円筒状構造物

取水口については、VI-2-2-29「取水口の耐震性についての計算書」において、復水貯蔵タンク遮蔽壁については、VI-2-11-2-12「復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(6) 直接基礎

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎については、VI-2-2-36「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(7) 管路構造物

取水管については、VI-2-2-28「取水管の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(8) 鉄骨構造

仮設耐震構台の支持杭

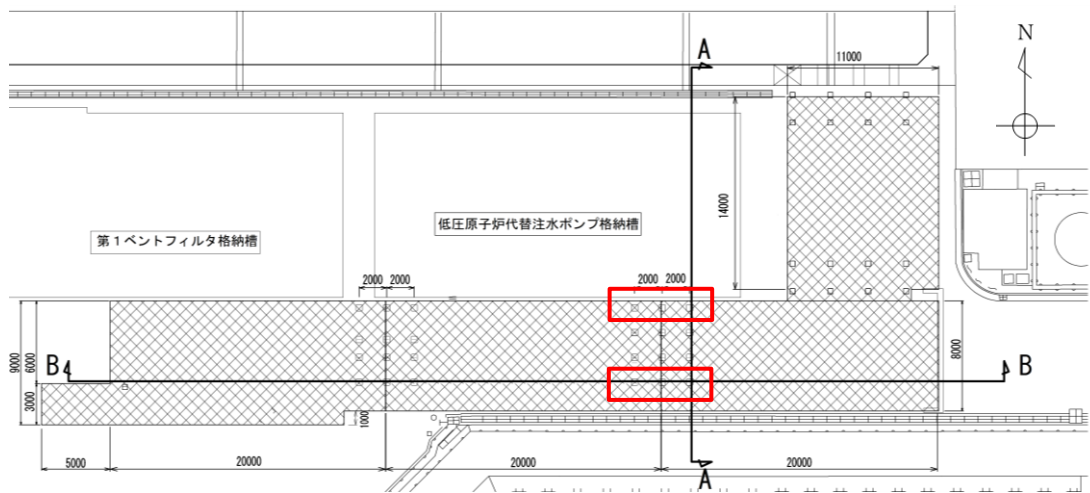
(a) 評価内容

仮設耐震構台の支持杭の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、弱軸方向における構造解析にて評価した断面力を用いることで、照査値が基準値以下であることを確認する。

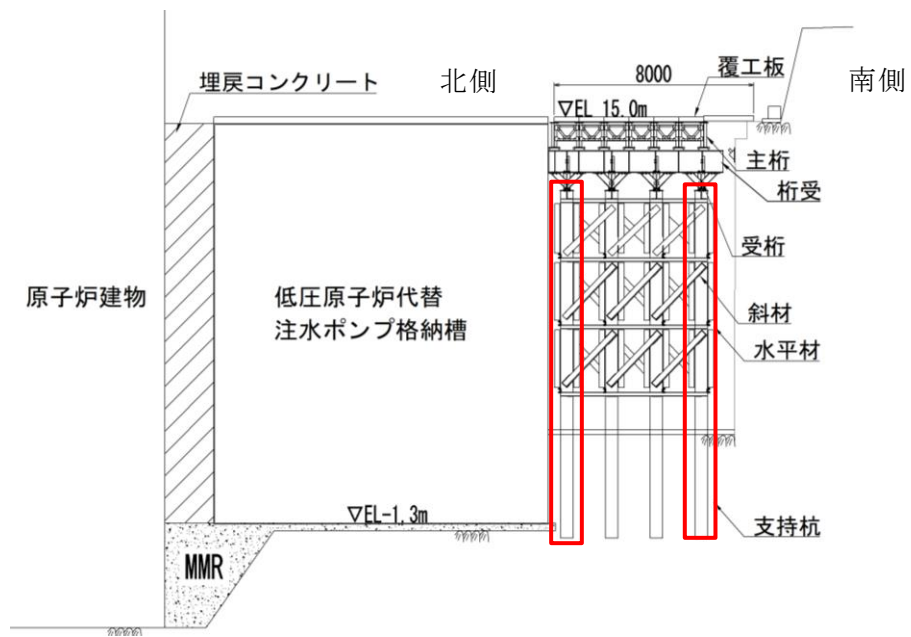
(b) 評価対象

評価対象は、VI-2-11-2-13「仮設耐震構台の耐震性についての計算書」に示す評価対象部位として抽出した主要な構造部材（主桁、受桁、水平材、斜材及び支持杭）のうち、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である南側、北側、東側及び西側の支持杭を対象とする。

仮設耐震構台の支持杭の評価対象部位を図3-3-85に示す。



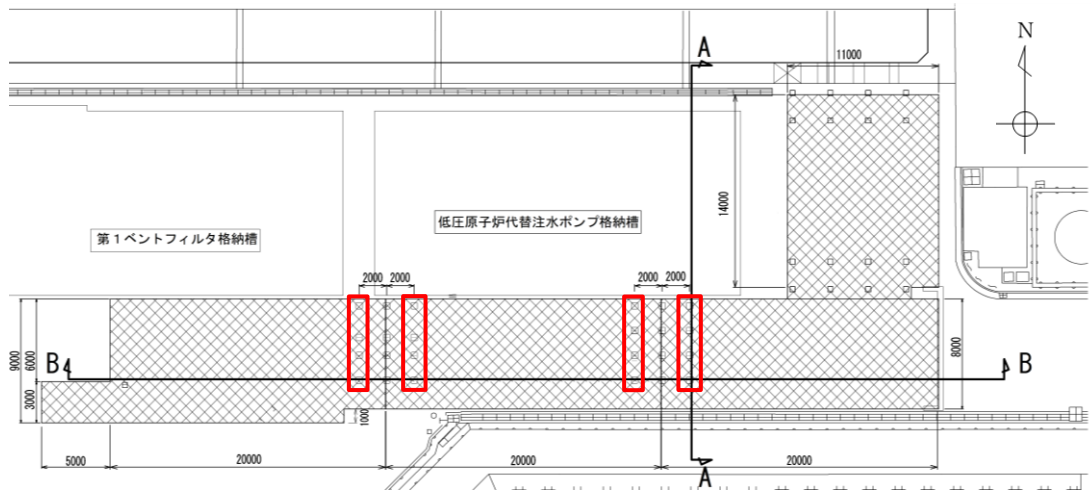
(単位：mm)



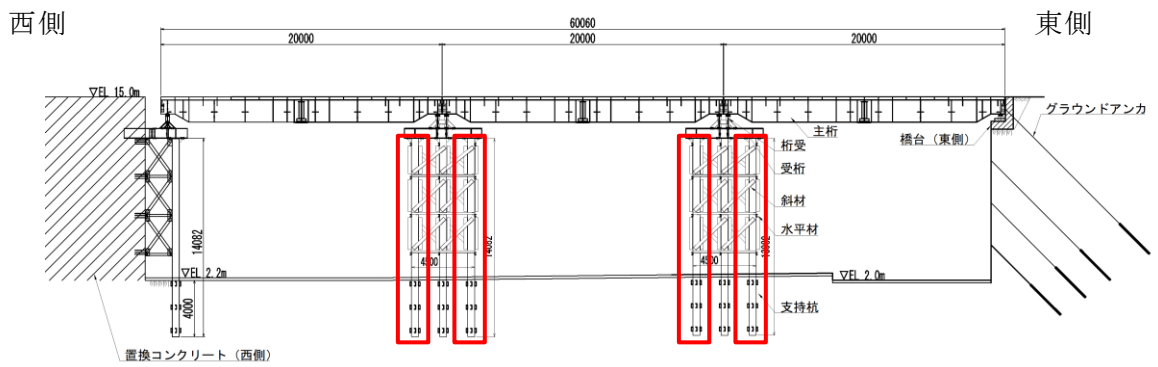
(単位：mm)

評価対象部位 (支持杭)

図 3-3-85 (1) 仮設耐震構台の支持杭の評価対象部位 (A-A 断面)



(単位：mm)



(単位：mm)

評価対象部位 (支持杭)

図 3-3-85 (2) 仮設耐震構台の支持杭の評価対象部位 (B-B 断面)

(c) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査値の評価方法

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査は、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に、評価対象部位である支持杭に作用する荷重や応力を考慮し、(d) 評価条件に示す②発生応力度／許容限界の基準値で設定する値を用いて影響を検討する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査方法、解析ケースについては、VI-2-11-2-13「仮設耐震構台の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

(d) 評価条件

①評価項目

地震応答解析は、VI-2-11-2-13「仮設耐震構台の耐震性についての計算書」に示す、地震応答解析により得られる評価対象部位の曲げ軸力及びせん断応力とする。

②発生応力度／許容限界の基準値

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの裕度の基準値については、VI-2-11-2-13「仮設耐震構台の耐震性についての計算書」に示す発生応力度／許容限界の照査値 1.0 以下に対し、水平 2 方向の地震力を考慮した基準値として  $1/\sqrt{2}$  ( $\approx 0.70$ ) 以下とする。



(e) 評価結果

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表 3-3-29 に示す。支持杭に発生する曲げ軸力及びせん断力の照査値は基準値 0.70 以下であることを確認した。

表 3-3-29(1) 影響評価結果（曲げ軸力に対する照査値）

断面	地震動*		部位	断面力		照査値
				曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	
A-A断面	S <sub>s</sub> -D	++	支持杭 (南側)	333	-1814	0.49 < 0.7
B-B断面	S <sub>s</sub> -D	++	支持杭 (東側)	417	-2448	0.63 < 0.7

注記\*：発生応力度が最大となる地震動を示す。

表 3-3-29(2) 影響評価結果（せん断力に対する照査値）

断面	地震動*		部位	発生応力度	許容応力度	照査値
				(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
A-A断面	S <sub>s</sub> -D	++	支持杭 (南側)	28	120	0.24 < 0.7
B-B断面	S <sub>s</sub> -D	++	支持杭 (東側)	34	120	0.29 < 0.7

注記\*：発生応力度が最大となる地震動を示す。

### 3.3.4 機器・配管系への影響

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した構造物について、機器・配管系への影響の可能性について検討した。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響については、構造物にねじれが発生する場合、応答に影響を与えられられる。

#### (1) 箱型構造物

箱型構造物については、鉄筋コンクリート部材の底版や側壁が厚く、全体の剛性が大きいことから、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (2) 線状構造物

線状構造物のうち、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の一体化部については、直交するダクトが交差する箇所であり、剛性が大きいことから、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (3) 円筒状構造物

円筒状構造物である取水口及び復水貯蔵タンク遮蔽壁については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

#### (4) 直接基礎

直接基礎であるガスタービン発電機用軽油タンク基礎については、鉄筋コンクリート部材の底版が厚く、全体の剛性が大きい。また、鉛直部材が左右対称に配置されており、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (5) 管路構造物

管路構造物である取水管については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

#### (6) 鉄骨構造

鉄骨構造である仮設耐震構台については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

### 3.3.5 まとめ

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある施設（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮したうえで抽出し、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生応力が許容値を満足し、施設が有する耐震性に影響のないことを確認した。

### 3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

#### 3.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

##### (1) 評価対象となる施設の整理

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する対象設備は，津波防護施設である防波壁，防波壁通路防波扉及び1号機取水槽流路縮小工，浸水防止設備である防水壁，屋外排水路逆止弁，水密扉，床ドレン逆止弁，隔離弁，貫通部止水処置，ポンプ及び配管，津波監視設備である津波監視カメラ及び取水槽水位計とする。各構造物の位置図を図3-4-1に，評価対象施設を表3-4-1に示す。

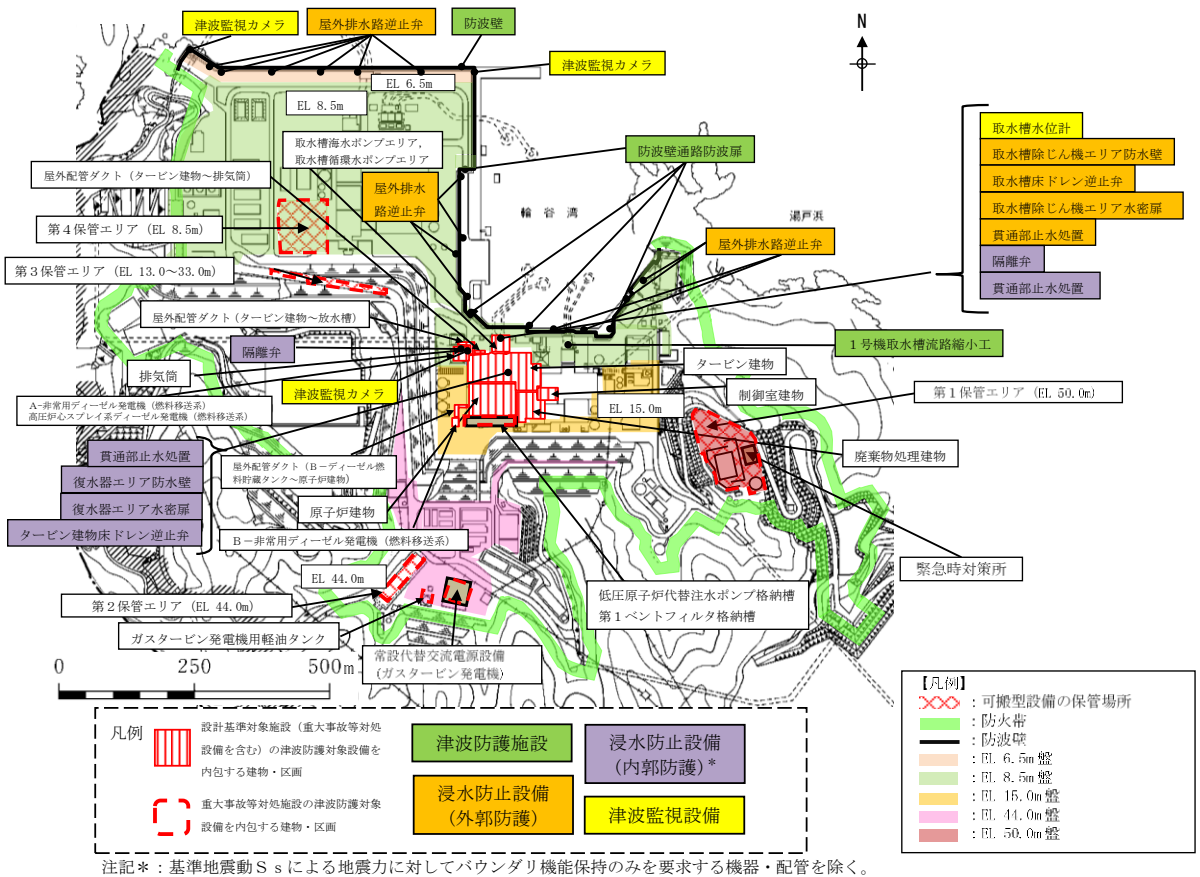


図3-4-1 (1) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備 位置図

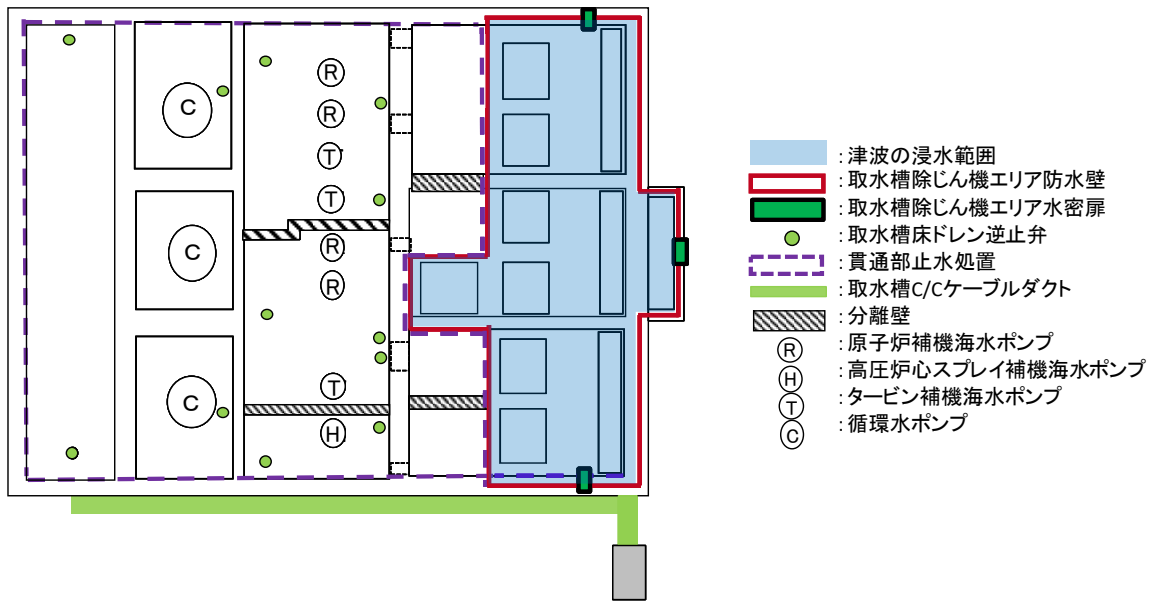


図 3-4-1 (2) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備 位置図

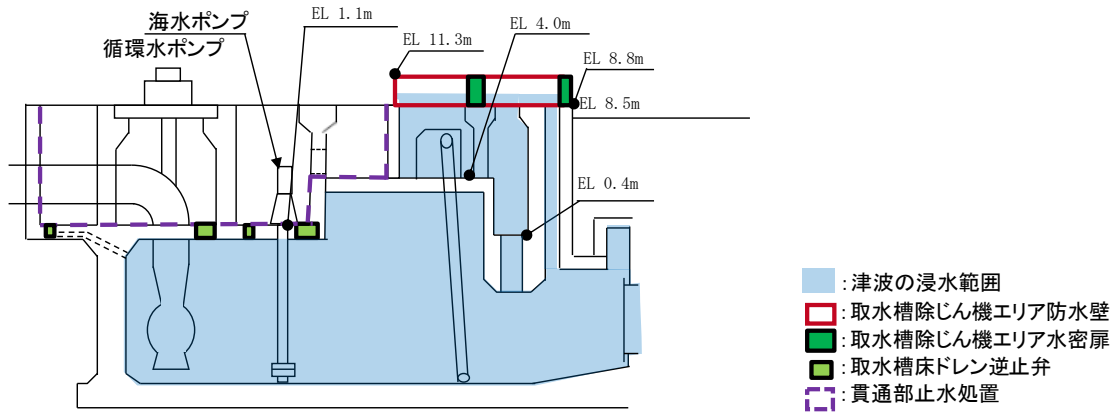


図 3-4-1 (3) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備 位置図

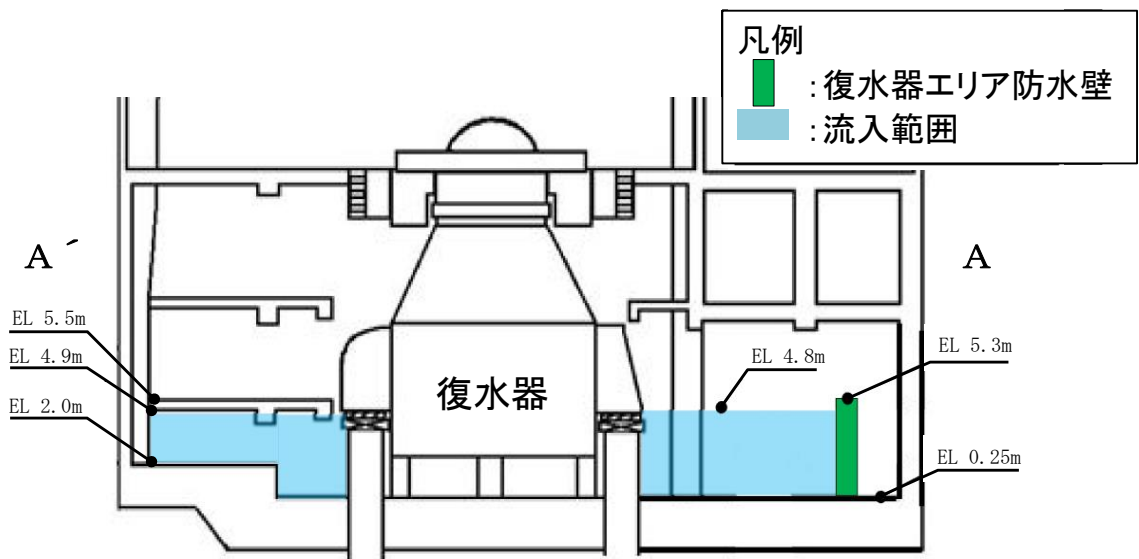
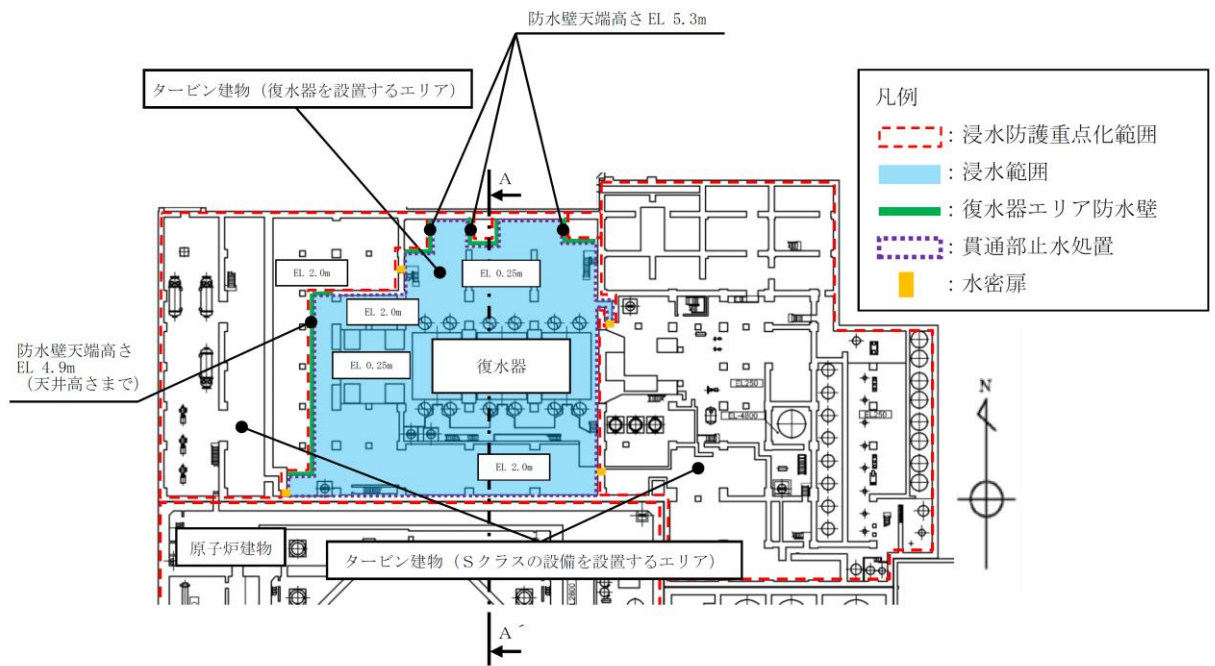
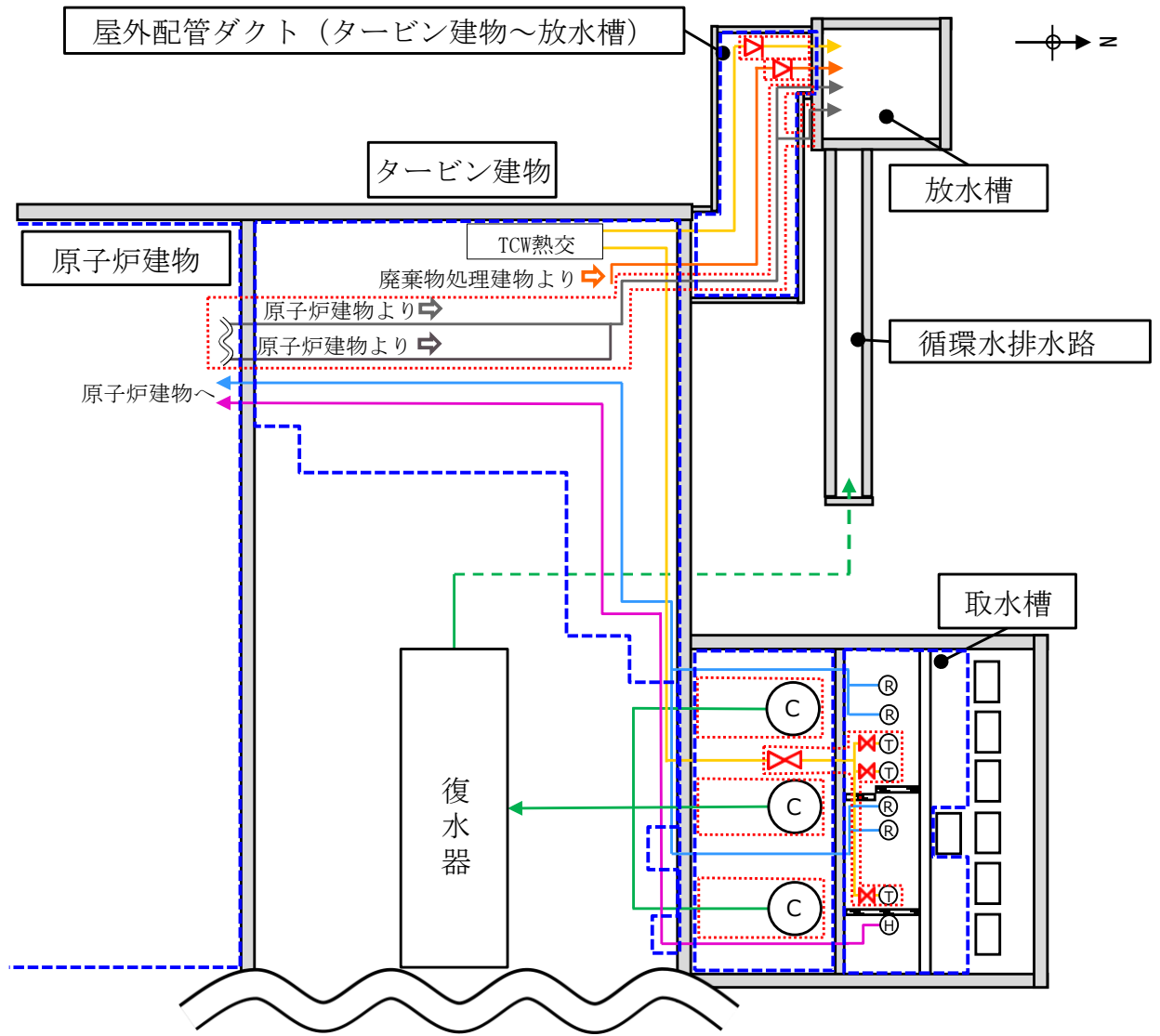


図 3-4-1 (4) 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備 位置図



【凡例】

- ⊠: Sクラスとする範囲
- ⊠: 隔離弁 (電動弁, 逆止弁)
- ⊠: 浸水防護重点化範囲
- ← (blue): 原子炉補機海水系配管 (Sクラス)
- ← (pink): 高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (Sクラス)
- ← (blue): 原子炉補機海水系放水配管 (Cクラス)
- ← (black): 高圧炉心スプレイ補機海水系放水配管 (Cクラス)
- ← (yellow): タービン補機海水系配管 (Cクラス)
- ← (green): 循環水系配管 (Cクラス) (点線部は埋設配管を示す)
- ← (orange): 液体廃棄物処理系配管 (Cクラス)

- Ⓡ: 原子炉補機海水ポンプ (Sクラス)
- ⓗ: 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ (Sクラス)
- Ⓣ: タービン補機海水ポンプ (Cクラス)
- Ⓒ: 循環水ポンプ (Cクラス)

注: 浸水防護機能を除く耐震クラスを記載

図 3-4-1 (5) 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備 位置図

表 3-4-1 評価対象施設

設備名称		施設分類	
防波壁	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	津波防護施設	
	防波壁（逆 T 擁壁）		
	防波壁（波返重力擁壁）		
防波壁通路防波扉	防波壁通路防波扉（1号機北側）		
	防波壁通路防波扉（2号機北側）		
	防波壁通路防波扉（荷揚場南）		
	防波壁通路防波扉（3号機東側）		
1号機取水槽流路縮小工			
防水壁	取水槽除じん機エリア防水壁		浸水防止設備
	復水器エリア防水壁		
屋外排水路逆止弁			
水密扉	取水槽除じん機エリア水密扉		
	復水器エリア水密扉		
床ドレン逆止弁	取水槽床ドレン逆止弁		
	タービン建物床ドレン逆止弁		
隔離弁	タービン補機海水系隔離システム （電動弁，漏えい検知器，制御盤）		
	逆止弁		
ポンプ及び配管			
貫通部止水処置			
津波監視カメラ		津波監視設備	
取水槽水位計			



津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」、「4.3 屋外重要土木構造物等」に分類し評価を行っていることから、その分類を表3-4-2に示す。

浸水防止設備及び津波監視設備のうち、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」に基づき、「3.2 機器・配管系」にて評価結果を示している施設については、本章では評価は省略する。浸水防止設備の間接支持構造物のうち、「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋外重要土木構造物等」にて評価結果を示している施設についても、本章では評価は省略する。

表 3-4-2 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備の分類

分類	名称		区分
津波防護施設	防波壁		「3.3 屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。影響評価については「3.4.5 まとめ」に整理する。
	防波壁通路 防波扉	1号機北側	「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.3 屋外重要土木構造物等」に整理する。
		2号機北側	
		荷揚場南	「3.3 屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。影響評価については「3.4.5 まとめ」に整理する。
		3号機東側	
1号機取水槽流路縮小工		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.3 屋外重要土木構造物等」に整理する。	
浸水防止設備	防水壁		「3.3 屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。影響評価については「3.4.5 まとめ」に整理する。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋外重要土木構造物等」に整理する。
	屋外排水路逆止弁		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.1 建物・構築物」, 「3.3 屋外重要土木構造物等」又は「3.4.4 機器・配管系への影響」に整理する。
	水密扉		
	床ドレン逆止弁		
	隔離弁		
	ポンプ及び配管		
	貫通部止水処置		
津波監視設備	津波監視カメラ		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.3 屋外重要土木構造物等」又は「3.4.4 機器・配管系への影響」に整理する。
	取水槽水位計		

(2) 構造形式の分類

本章における評価対象構造物である津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びにその間接支持構造物の構造形式の分類を表 3-4-3 に示す。

構造形式により線状構造物及び鋼管杭基礎の 2 つの構造形式に分類される。

表 3-4-3 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備  
並びにその間接支持構造物の構造形式の分類

分類	構造物		線状構造物	鋼管杭基礎	箱型構造物
津波防護施設	防波壁	多重鋼管杭式擁壁	○ (上部工)	○ (下部工)	
		逆T擁壁	○ (上部工)		
		波返重力擁壁	○ (上部工・下部工)		
	防波壁通路 防波扉	1号機北側	○ (防波壁(多重鋼管杭式擁壁)* <sup>1</sup> )		
		2号機北側	○ (防波壁(多重鋼管杭式擁壁)* <sup>1</sup> )		
		荷揚場南	○ (上部工* <sup>2</sup> )	○ (下部工)	
		3号機東側	○ (上部工* <sup>2</sup> )		
浸水防止設備	防水壁	取水槽除じん機 エリア防水壁	○ (防水壁)		
		復水器エリア 防水壁	○ (防水壁)		
	屋外排水路逆止弁				○ (屋外排水路 逆止弁 集水桝* <sup>1</sup> )
津波監視設備	津波監視カメラ	○ (防波壁(波返重力 擁壁)* <sup>1</sup> )			

注記\*1：間接支持構造物を示す。なお，本表に示している設備以外の浸水防止設備及び津波監視設備の間接支持構造物については「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋

外重要土木構造物」にて評価結果を示していることから、本章では評価は省略する。

- \*2：防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）については、従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向（強軸方向）の断面係数が相対的に大きいため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さいことから評価は省略する。一方、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する左右のRC支柱については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定されるため、評価対象とする。

(3) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

表 3-4-4 に従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。  
 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧、動水圧、  
 摩擦力及び慣性力が挙げられる。

表 3-4-4 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ
①動土圧 及び 動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して、平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	
②摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	
③慣性力	躯体に作用する慣性力	

(4) 荷重の組合せによる応答特性が想定される箇所

表 3-4-5 に、「(2) 構造形式の分類」で整理した構造形式、「(3) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理」で整理した荷重作用による影響程度と、各構造物の概略図と特徴を示す。

また、荷重の組合せによる応答特性が想定される箇所として、鋼管杭基礎の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁通路防波扉（荷揚場南）の下部工を抽出する。

表 3-4-5(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

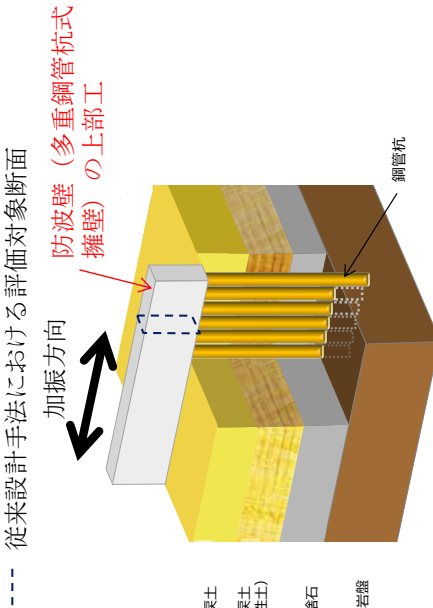
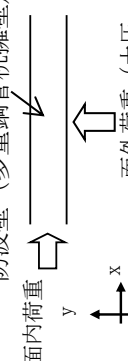
構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況	 <p>----- 従来設計手法における評価対象断面 加振方向 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の上部工 鋼管杭 埋戻土 (和土工) 捨石 岩盤</p>	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p> <p>② 摩擦力</p> <p>③ 慣性力</p>	<p>作用しない</p> <p>作用しない</p> <p>全ての部材に作用</p>
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性	<p>防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の上部工</p>  <p>面内荷重 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の上部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</li> </ul>
抽出結果	X	



表 3-4-5(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (逆 T 擁壁) 上部工)	
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面 加振方向 防波壁 (逆 T 擁壁) の 上部工</p> <p>埋戻土 岩盤 鋼管杭* グラウンドアンカ改良地盤</p> <p>注記* : 防波壁 (逆 T 擁壁) は, 鋼管杭の効果を期待しない設計とする。</p>	
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度</p>	<p>① 動土圧及び動水圧</p>	<p>作用しない</p>
<p>水平 2 方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性</p>	<p>② 摩擦力</p>	<p>作用しない</p>
<p>抽出結果</p>	<p>③ 慣性力</p>	<p>全ての部材に作用</p>
<p>・ 従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</p>		
<p>防波壁 (逆 T 擁壁) の上部工</p> <p>面内荷重 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>		
<p>・ 防波壁 (逆 T 擁壁) の上部工には, 左記に示すような水平 2 方向入 力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。 ・ 上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重と して強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</p>		
<p>抽出結果</p> <p style="text-align: center;">X</p>		

表 3-4-5(3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (波返重力擁壁) 上部工)	
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>		<p>①動土圧及び動水圧</p> <p>作用しない</p>
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>		<p>②摩擦力</p> <p>従来設計手法における評価 対象断面に対して直交 する側面に作用する</p>
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度</p>		<p>③慣性力</p> <p>全ての部材に作用</p>
<p>水平 2 方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性</p>	<p>防波壁 (波返重力擁壁) の上部工</p>	<p>・従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</p> <p>・防波壁 (波返重力擁壁) の上部工には, 左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</p> <p>・上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</p>
抽出結果	X	

表 3-4-5(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

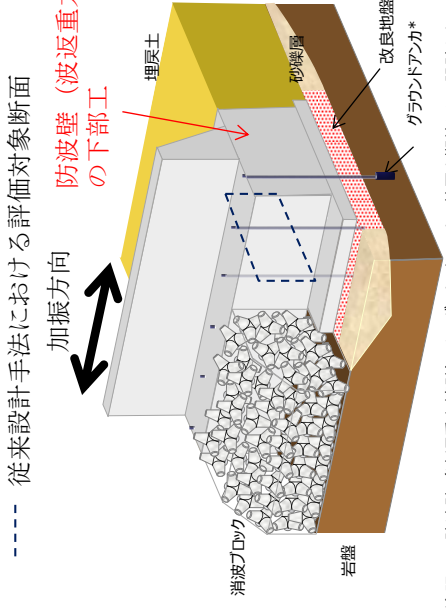
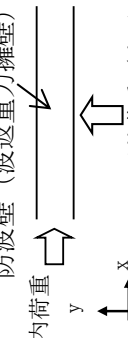
構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (波返重力擁壁) 下部工)	
<p>従来設計手法における評価断面对して直交する荷重の作用状況</p>	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>注記*: 防波壁 (波返重力擁壁) は, グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。</p>	<p>作用しない</p> <p>従来設計手法における評価対象断面对して直交する側面に作用する</p> <p>全ての部材に作用</p>
<p>従来設計手法における評価断面对して直交する荷重の影響程度</p>	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面对して直交方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</p>	<p>①動土圧及び動水圧</p> <p>②摩擦力</p> <p>③慣性力</p>
<p>水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性</p>	<p>防波壁 (波返重力擁壁) の下部工</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁 (波返重力擁壁) の下部工には, 左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>下部工は強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</li> </ul>
抽出結果	×	

表 3-4-5(5) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式の分類	線状構造物 (防波壁通路防波扉 (荷揚場南) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p> <p>② 摩擦力</p> <p>③ 慣性力</p>	<p>作用しない</p> <p>作用しない</p> <p>全ての部材に作用</p>
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性	<p>防波壁通路防波扉 (荷揚場南) の上部工</p> <p>面内荷重</p> <p>面外荷重 (土圧, 水圧等)</p> <p>x</p> <p>y</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁通路防波扉 (荷揚場南) の上部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</li> </ul>
抽出結果	X	

表 3-4-5(6) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

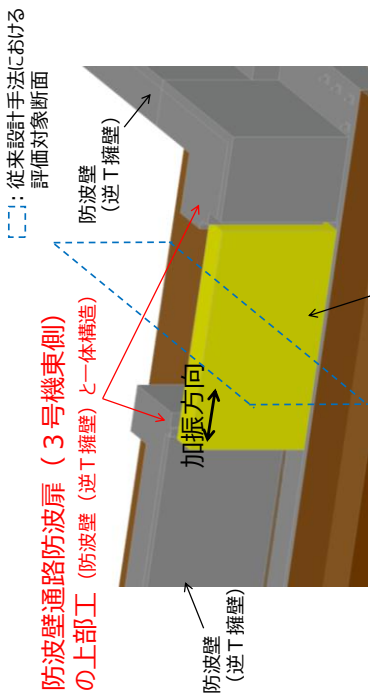
構造形式の分類	線状構造物 (防波壁通路防波扉 (3号機東側) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況		
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>①動土圧及び動水圧</li> </ul>	作用しない
水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>②摩擦力</li> </ul>	作用しない
抽出結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>③慣性力</li> </ul>	全ての部材に作用
<ul style="list-style-type: none"> <li>従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁通路防波扉 (3号機東側) の上部工                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・防波壁通路防波扉 (3号機東側) の上部工には, 左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>・上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから, 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</li> </ul> </li> </ul>		
X		

表 3-4-5(7) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

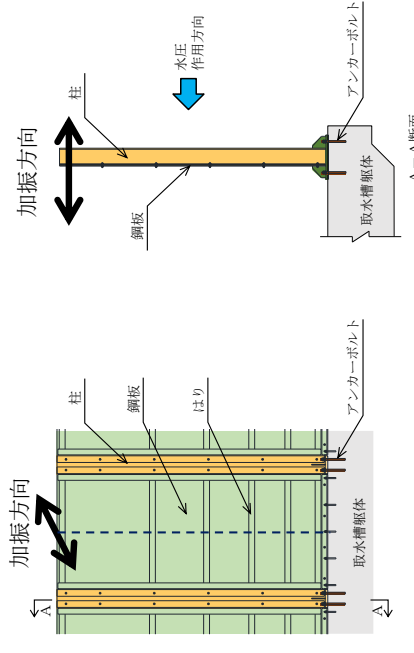
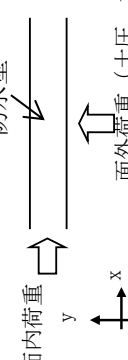
構造形式の分類	線状構造物 (取水槽除じん機エリア防水壁)	
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p> 	<p>①動土圧及び動水圧</p> <p>作用しない</p>
		<p>②摩擦力</p> <p>作用しない</p>
		<p>③慣性力</p> <p>全ての部材に作用</p>
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度</p>	<p>・ 従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</p>	
<p>水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防水壁には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>・ 上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</li> </ul>
<p>抽出結果</p>	<p style="text-align: center;">×</p>	

表 3-4-5(8) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

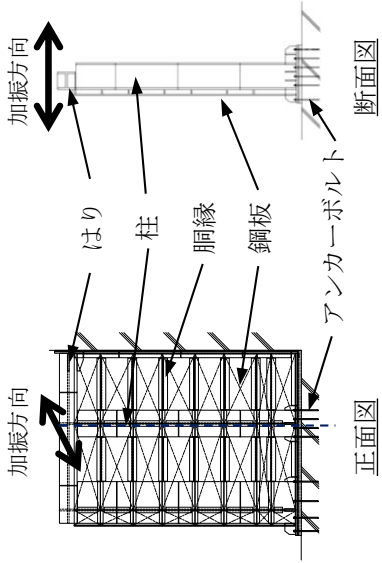
構造形式の分類	線状構造物（復水器エリア防水壁）		
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p> 		
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度</p>	<p>①動土圧及び動水圧</p>	<p>作用しない</p>	
<p>水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性</p>	<p>②摩擦力</p>	<p>作用しない</p>	
<p>抽出結果</p>	<p>③慣性力</p>	<p>全ての部材に作用</p>	
<p>従来設計手法における評価対象断面に 対して直交する荷重の影響が小さい。</p>		<p>従来設計手法における評価対象断面に 対して直交方向（強軸方向）に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しない ため影響の程度が小さい。</p>	
<p>水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性</p>		<p>防水壁には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び 面外荷重の作用が考えられる。 ・上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重と して強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから、 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</p>	
<p>抽出結果</p>		<p>X</p>	

表 3-4-5 (9) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

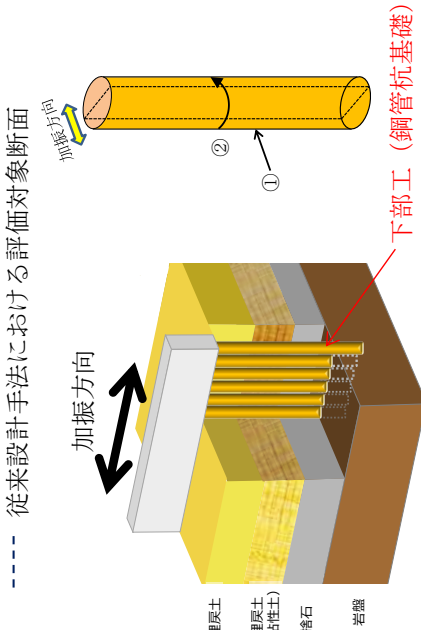
構造形式の分類	鋼管杭基礎 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 下部工)		
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況			
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	①動土圧及び動水圧	作用する	
水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性	②摩擦力	作用する	
抽出結果	③慣性力	全ての部材に作用	<p>・胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重、③慣性力による荷重が作用するため影響の程度が大きい。</p> <p>・鋼管杭基礎である防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工には、左記に示すような水平2方向入力による応力の集中が考えられる。</p> <p>・下部工では、上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力、並びに上部工法線直交方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される。</p>



表 3-4-5(10) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

構造形式の分類	鋼管杭基礎 (防波壁通路防波扉 (荷揚場南) 下部工)		
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>		<p>①動土圧及び動水圧</p>	<p>作用する</p>
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度</p>	<p>• 胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重，上部工からの荷重が作用するため影響の程度が大きい。</p>	<p>②摩擦力</p>	<p>作用する</p>
<p>抽出結果</p>		<p>③慣性力</p>	<p>全ての部材に作用</p>
	<p>• 鋼管杭基礎である防波壁通路防波扉 (荷揚場南) の下部工には、左記に示すような水平2方向入力による応力の集中が考えられる。 • 下部工では、上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力，並びに上部工法線直交方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される。</p>		

表 3-4-5(11) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

<p>構造形式の分類</p> <p>従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況</p>	<p>箱型構造物（屋外排水路逆止弁集水桝）</p> <p>注記*：逆T擁壁を代表として示す。</p>		<p>防波壁及び周辺の改良地盤と一体となって挙動するため作用する動土圧及び動水圧は小さい</p>	<p>① 動土圧及び動水圧</p>
<p>従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度</p>	<p>・ 従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向（強軸方向）に作用する動土圧及び動水圧は小さいため影響の程度が小さい。</p>		<p>② 摩擦力</p> <p>従来手法における評価対象断面に対して直交する側面に作用する</p>	<p>③ 慣性力</p> <p>全ての部材に作用</p>
<p>水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性</p>		<p>・ 屋外排水路逆止弁の集水桝には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。          ・ 集水桝は強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</p>		
<p>抽出結果</p>	<p style="text-align: center;">×</p>			

- (5) 従来設計手法における評価対象以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

「(4) 荷重の組合せによる応答特性が想定される箇所」で抽出しなかった線状構造物のうち、防波壁（多重鋼管杭式擁壁、逆T擁壁、波返重力擁壁）の上部工及び防波壁（波返重力擁壁）の下部工は、構造物の配置上、屈曲部や隅角部を有する。また、浸水防止設備のうち取水槽除じん機エリア防水壁及び復水器エリア防水壁は隅角部を有する。

以上の構造物の構造等を考慮したうえで、従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性を以下に示す。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工

図3-4-2に、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造目地の平面図を示す。防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の屈曲部及び隅角部では、妻壁に相当する部位を有する。

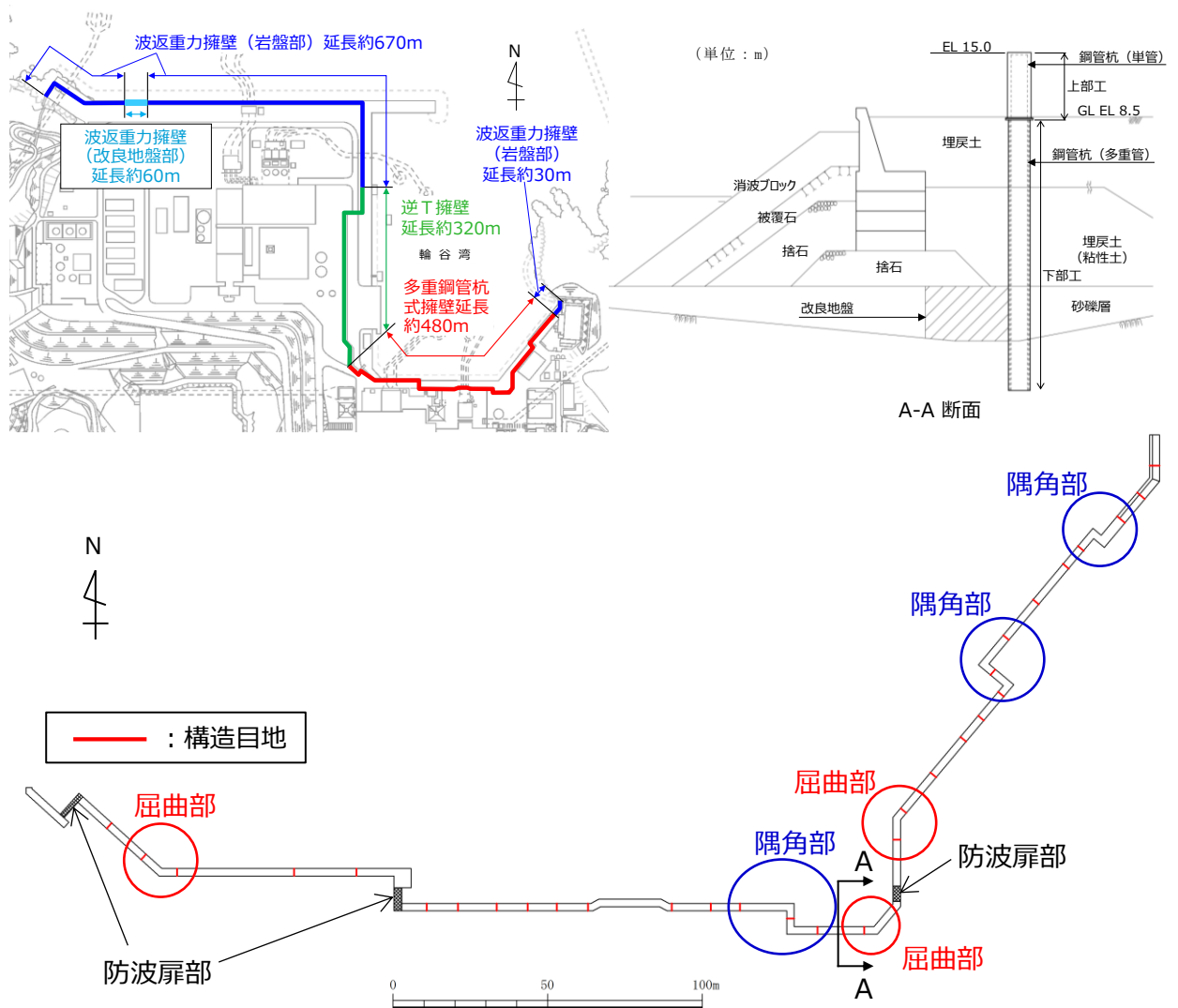
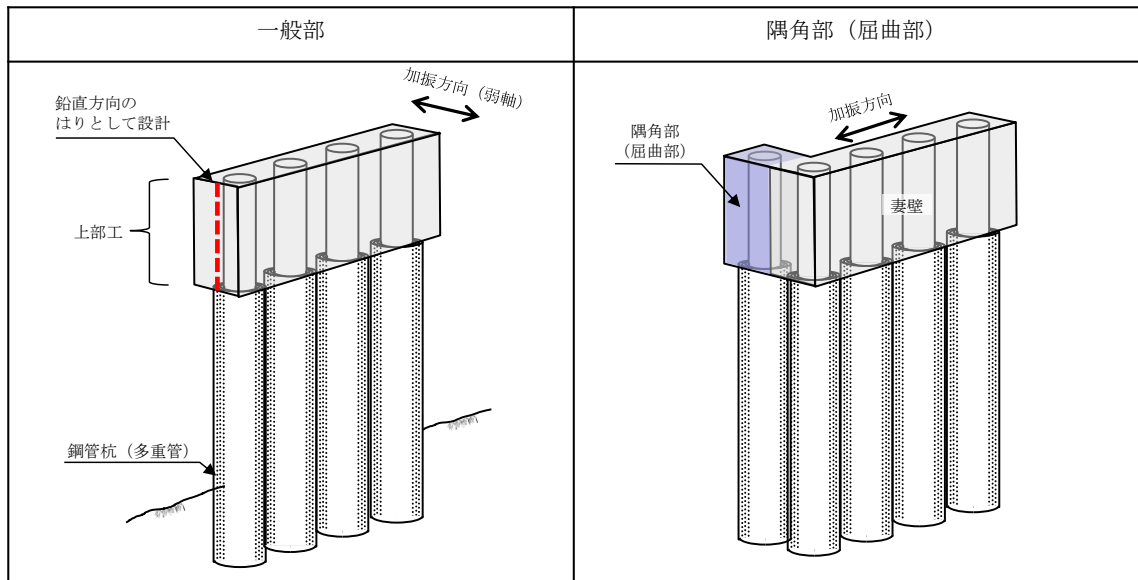


図 3-4-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造目地（平面図）

表 3-4-6 に示すとおり，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は下部工と一体構造であることから，上部工を鉛直方向のはりとして設計する。屈曲部や隅角部では，妻壁と交差する壁の延長が妻壁と比較して短くなるよう構造目地を設けており，妻壁と交差する壁は妻壁側に拘束されるため，妻壁の強軸方向の応答による影響は軽微となる。また，屈曲部や隅角部に弱軸方向の応答を用いて設計することから，加振方向に対して十分な裕度を有する設計となる。防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の屈曲部や隅角部について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響は軽微と考えられるが，念のため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する従来設計の妥当性を確認する。

表 3-4-6 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の設計概要図



b. 防波壁（逆T擁壁）の上部工

図3-4-3に、防波壁（逆T擁壁）の構造目地の平面図を示す。

防波壁（逆T擁壁）の上部工の屈曲部では、妻壁に相当する部位の面積が小さく、慣性力の影響も小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

隅角部については、隅角部に構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

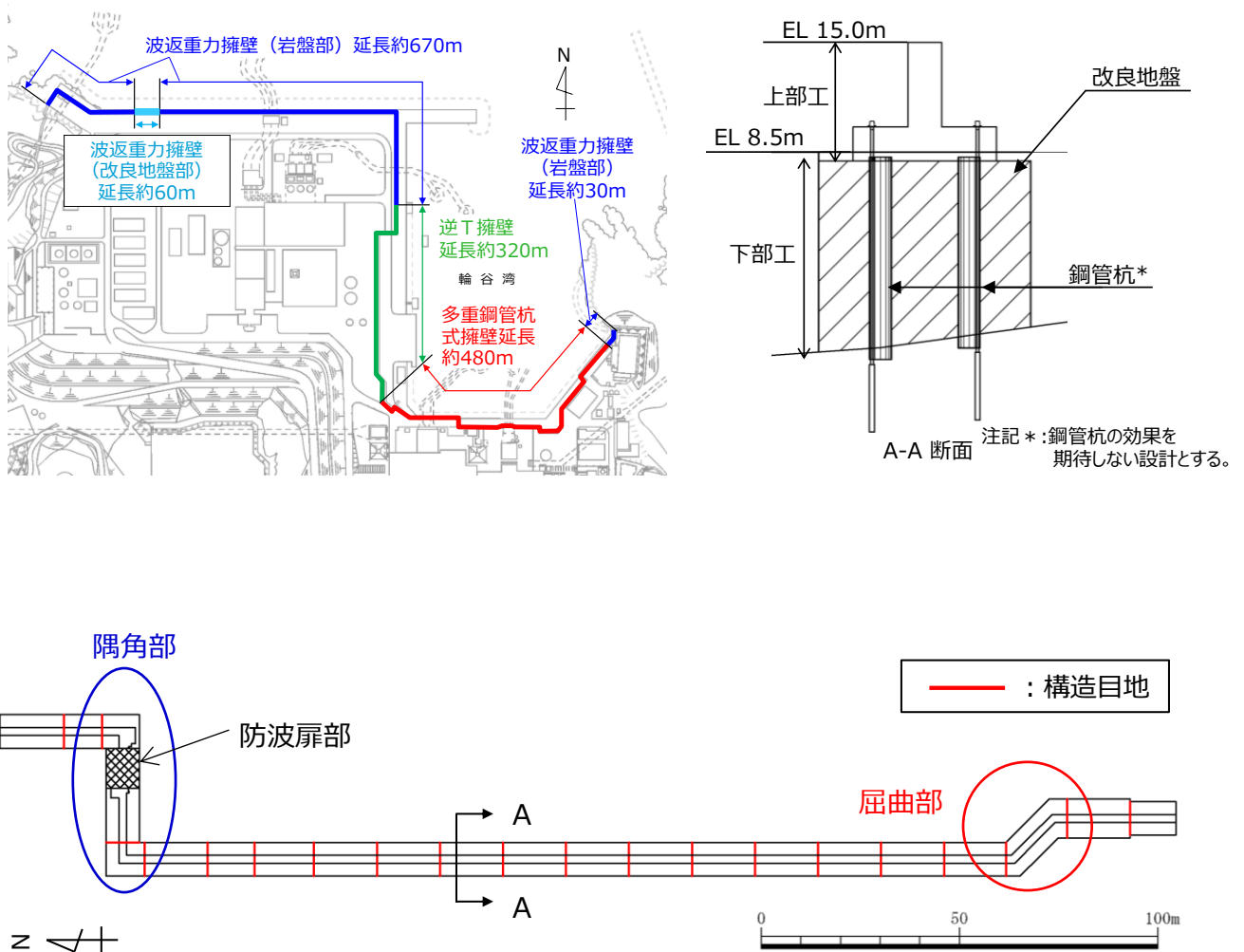


図3-4-3 防波壁（逆T擁壁）の構造目地（平面図）

c. 防波壁（波返重力擁壁）の上部工及び下部工

図 3-4-4 に，防波壁（波返重力擁壁）の構造目地の平面図を示す。

防波壁（波返重力擁壁）の上部工の屈曲部では，妻壁に相当する部位の面積が小さく，慣性力の影響も小さいことから，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

隅角部については，隅角部に構造目地を設けるため，独立した線状構造物が接しているのみであり，3 次元的な応答特性は想定されず，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

また，防波壁（波返重力擁壁）の下部工の屈曲部や隅角部では，独立した線状構造物が接しているのみであり，3 次元的な応答特性は想定されず，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

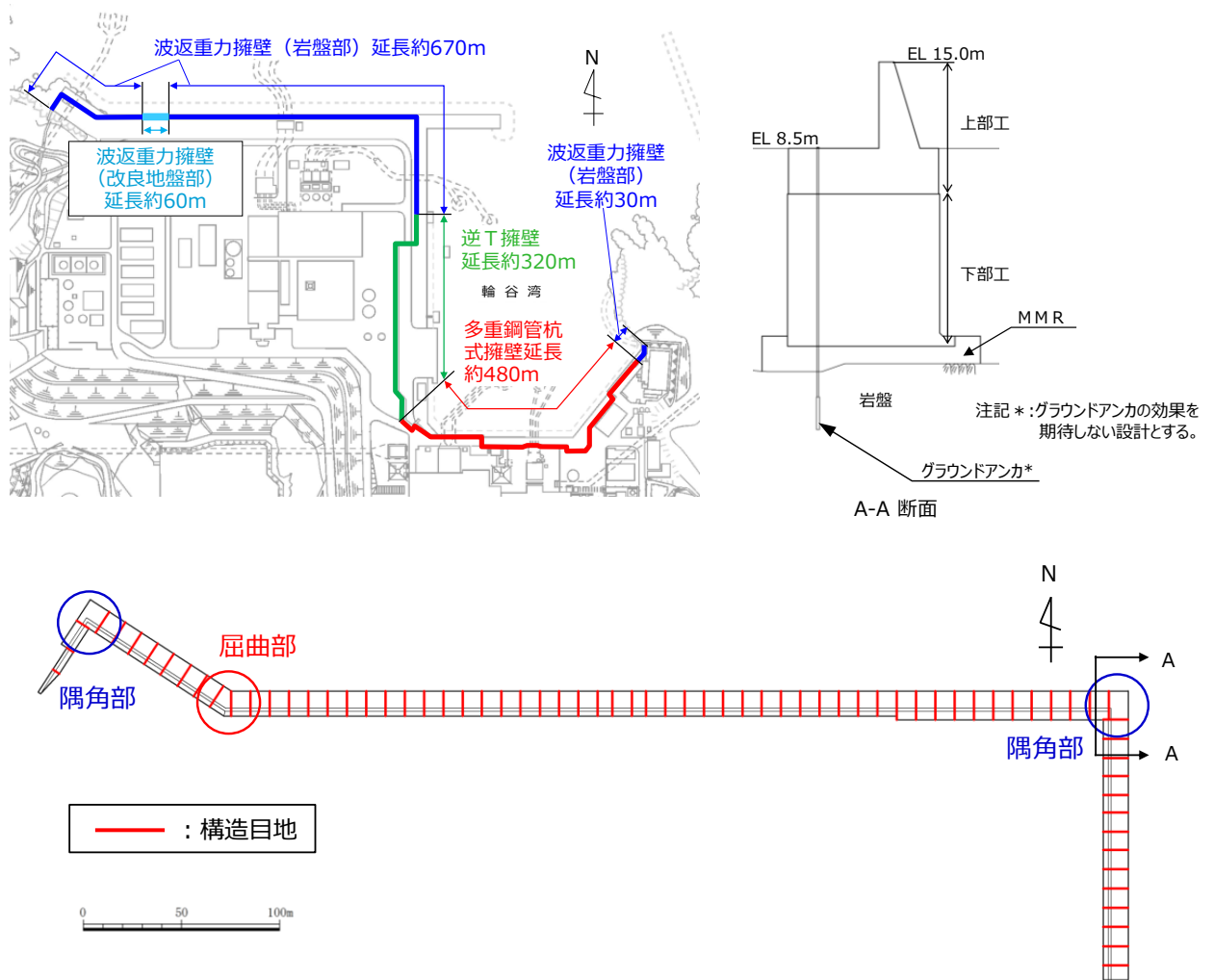
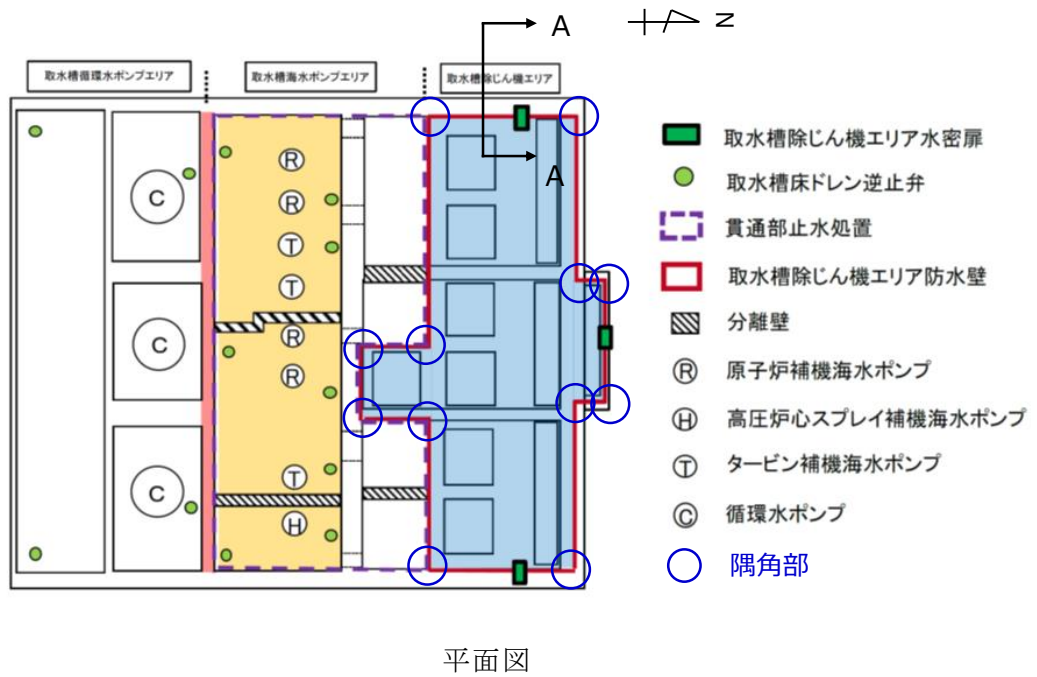


図 3-4-4 防波壁（波返重力擁壁）の構造目地(平面図)

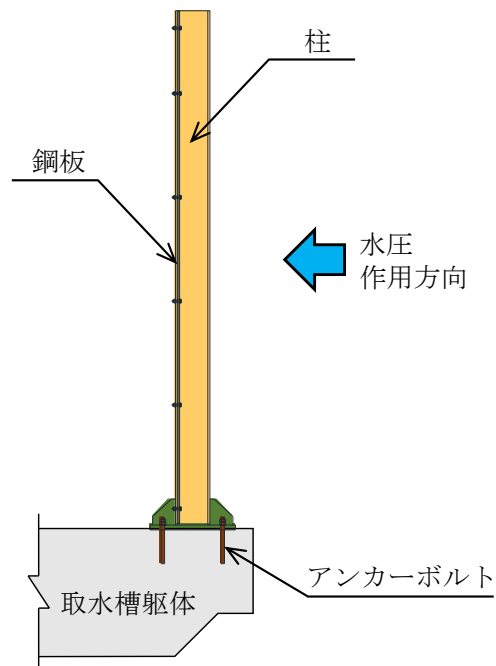
d. 取水槽除じん機エリア防水壁の隅角部

図 3-4-5 に，取水槽除じん機エリア防水壁の平面図及び断面図を示す。

防水壁の隅角部では，妻壁に相当する部位を有することから，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が懸念される。



平面図



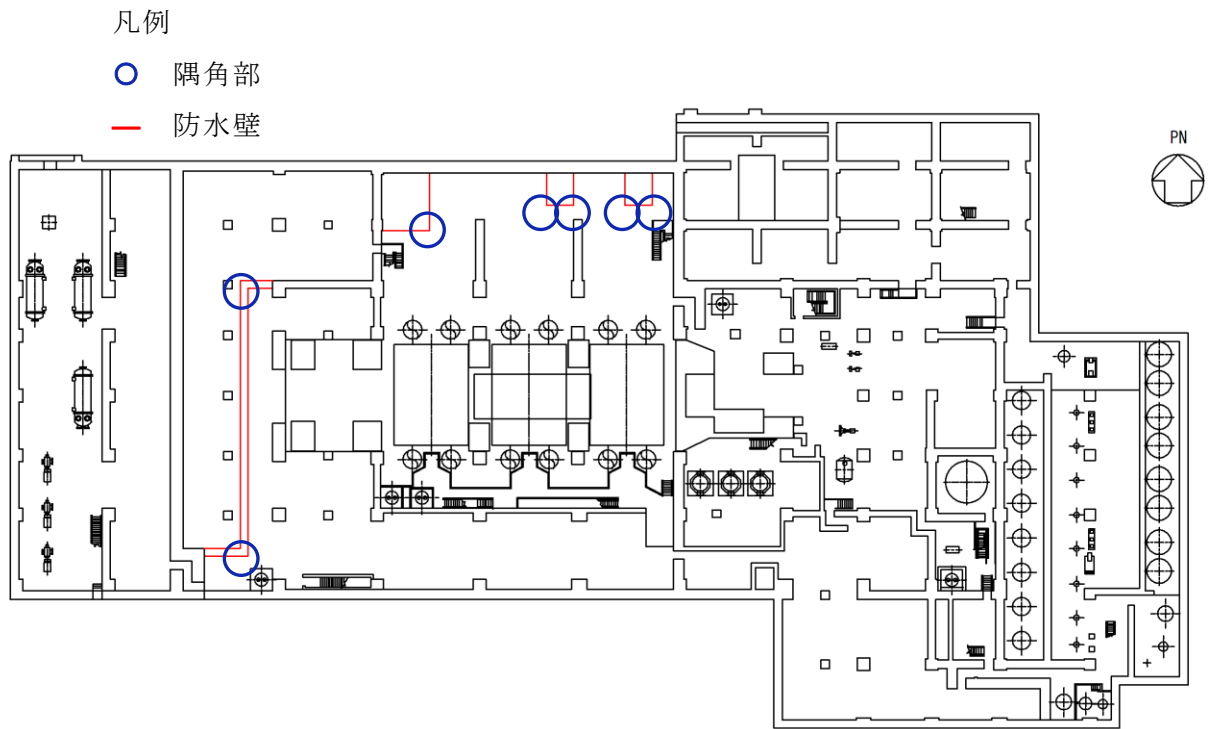
A-A断面図

図 3-4-5 取水槽除じん機エリア防水壁の平面図及び断面図

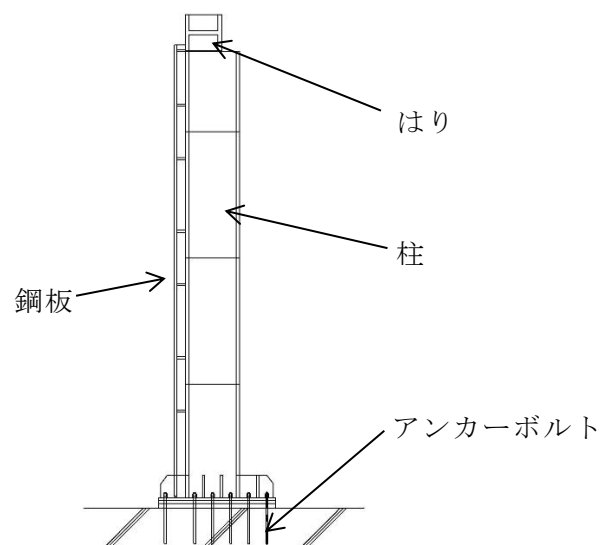
e. 復水器エリア防水壁の隅角部

図 3-4-6 に、復水器エリア防水壁の設置位置図及び断面図を示す。

復水器エリア防水壁の隅角部では、妻壁に相当する部位を有することから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が懸念される。



設置位置図



断面図

図 3-4-6 復水器エリア防水壁の設置位置図及び断面図



### 3.4.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

「3.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出」の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果を以下に示す。

#### (1) 線状構造物

構造及び作用荷重の観点から、取水槽除じん機エリア防水壁及び復水器エリア防水壁の隅角部を抽出する。また、従来の設計手法で対応している防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工についても、その妥当性を確認する。

#### (2) 鋼管杭基礎

構造及び作用荷重の観点から、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁通路防波扉（荷揚場南）の下部工を抽出する。

ここで、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は防波壁通路防波扉（荷揚場南）の上部工よりも重量があり慣性力がより大きくなることで相対的に影響が大きいと考えられることから、鋼管杭基礎は防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工を代表に評価する。

### 3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

#### (1) 線状構造物

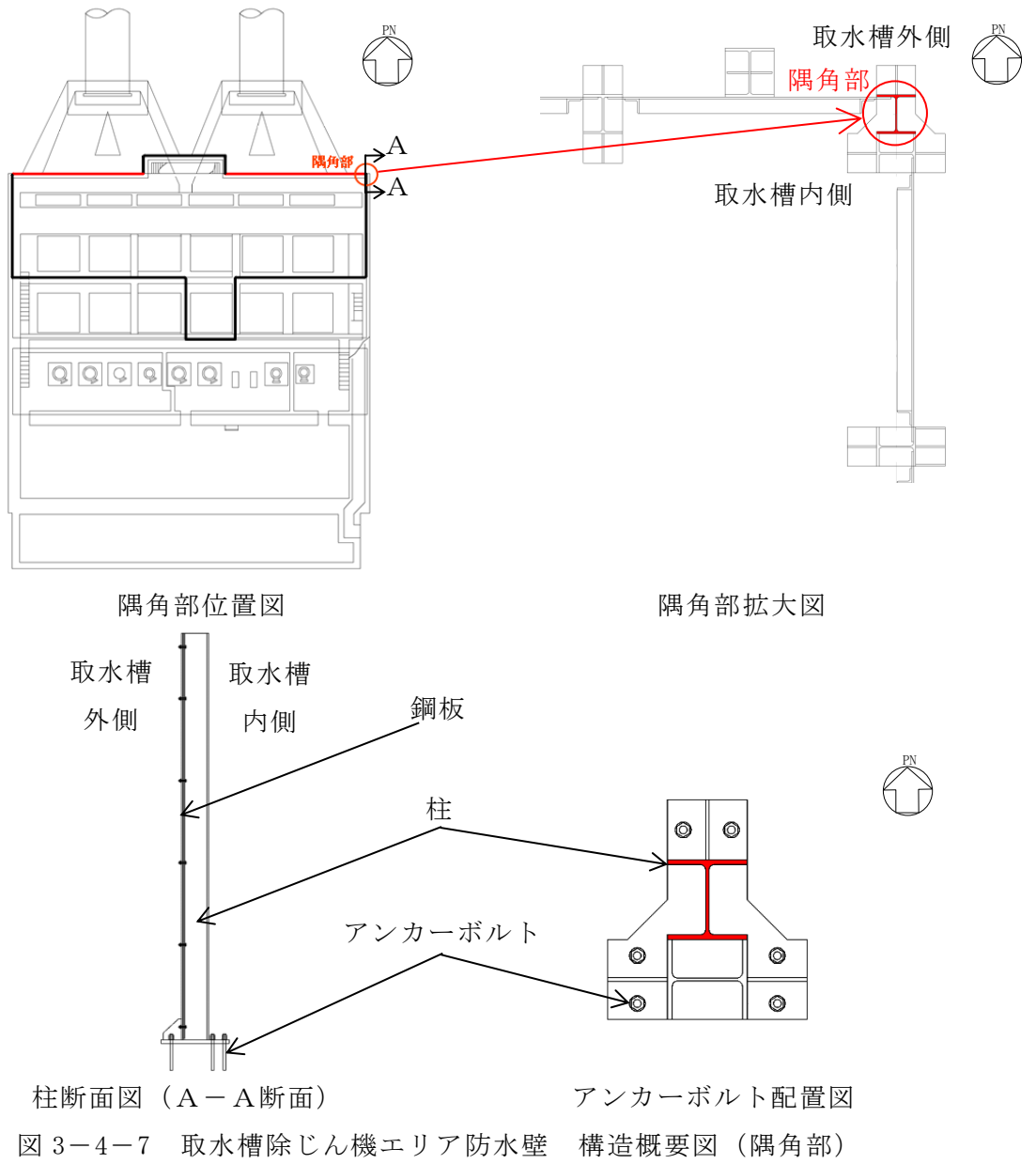
##### a. 取水槽除じん機エリア防水壁の隅角部

##### (a) 評価内容

取水槽除じん機エリア防水壁の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、弱軸方向における構造解析にて評価した断面力を用いることで、発生値/許容限界値が基準値以下であることを確認する。

##### (b) 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す全区間の鋼板、柱、はり及びアンカーボルトの発生値/許容限界値のうち、最も厳しい区間の隅角部に位置する柱及びアンカーボルトを選定する。取水槽除じん機エリア防水壁の評価対象を図3-4-7に示す。

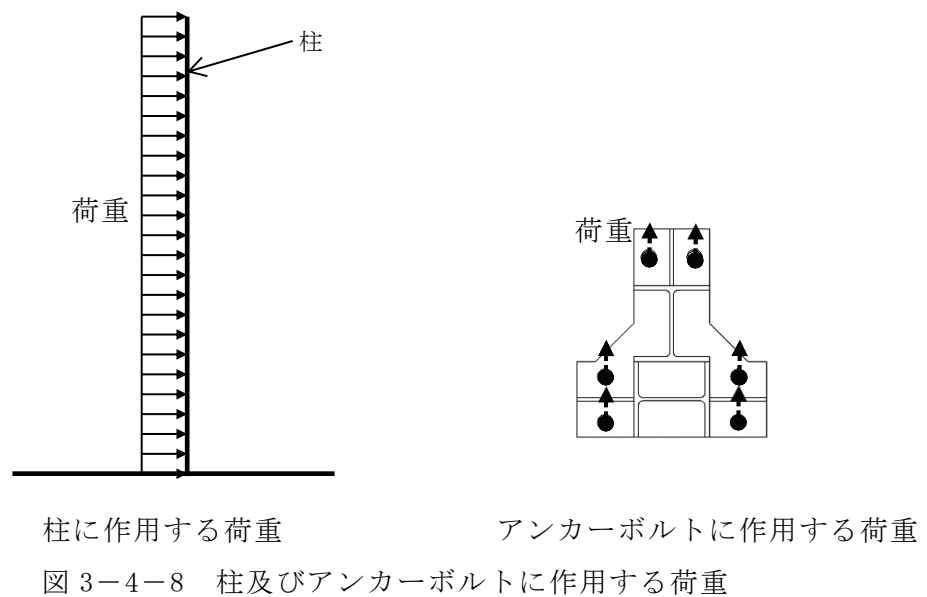


## (c) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査値の評価方法

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査は、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に、評価対象部位である柱及びアンカーボルトにかかる荷重や応力を考慮し、「(d) 評価条件」の「イ. 発生値／許容限界値の基準値」で設定する値を用いて影響を検討する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査の算定式は VI-2-10-2-8 「防水壁の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

柱及びアンカーボルトに作用する荷重を図 3-4-8 に示す。



## (d) 評価条件

## イ. 地震応答解析

地震応答解析は、VI-2-10-2-8 「防水壁の耐震性についての計算書」に示すとおり水平方向の設計震度を 1.8、鉛直方向の設計震度を 0.9 とする。

## ロ. 発生値／許容限界値の基準値

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの裕度の基準値については、VI-2-10-2-8 「防水壁の耐震性についての計算書」の発生値／許容限界値 1.0 以下に対し、水平 2 方向の地震力を考慮した発生値／許容限界値の基準値として  $1/\sqrt{2}$  (0.70) 以下とする。

(e) 評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表3-4-7に示す。発生値/許容限界値は基準値0.70以下であることを確認した。

表3-4-7 耐震評価結果（取水槽除じん機エリア防水壁）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
柱	曲げ	45	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.20 < 0.70
	せん断	10	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.08 < 0.70
	組合せ（上向き） （曲げ+引張）	—	—	—	—	0.19 < 0.70
	組合せ（下向き） （曲げ+圧縮）	—	—	—	—	0.20 < 0.70
	組合せ （曲げ+せん断）	48	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.21 < 0.70
	組合せ（上向き） （曲げ+引張 +せん断）	49	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.21 < 0.70
	組合せ（下向き） （曲げ+圧縮 +せん断）	50	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.22 < 0.70
アンカーボルト	引張	21	kN	40	kN	0.53 < 0.70
	せん断	3	kN	35	kN	0.09 < 0.70
	組合せ （引張+せん断）	—	—	—	—	0.26 < 0.70

b. 復水器エリア防水壁の隅角部

(a) 評価内容

復水器エリア防水壁の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する発生値／許容限界値が基準値  $1/\sqrt{2}$  (0.70) 以下であることを確認する。

(b) 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す復水器エリア防水壁のうち、発生値／許容限界値が最も大きい柱及びアンカーボルトを選定する。

(c) 評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表3-4-8に示す。発生値/許容限界値は基準値0.70以下であることを確認した。

表3-4-8 耐震評価結果（復水器エリア防水壁）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
柱	曲げ（強軸）	6	N/mm <sup>2</sup>	304	N/mm <sup>2</sup>	0.02 < 0.70
	曲げ（弱軸）	42	N/mm <sup>2</sup>	325	N/mm <sup>2</sup>	0.13 < 0.70
	せん断	4	N/mm <sup>2</sup>	187	N/mm <sup>2</sup>	0.03 < 0.70
	圧縮	2	N/mm <sup>2</sup>	217	N/mm <sup>2</sup>	0.01 < 0.70
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.16 < 0.70
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	51	N/mm <sup>2</sup>	325	N/mm <sup>2</sup>	0.16 < 0.70
アンカーボルト	引張	24	kN	71	kN	0.34 < 0.70
	せん断	1	kN	49	kN	0.03 < 0.70
	組合せ (引張+せん断)	—	—	—	—	0.12 < 0.70

c. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は複数の構造ブロックに分割されており、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対しては各ブロックが独立して挙動すると考えられる。図3-4-9に示すとおり、一般部の設計においては弱軸方向の地震力を考慮するが、屈曲部や隅角部では、妻壁と交差する壁の延長が妻壁と比較して短くなるよう構造目地を設けており、妻壁と交差する壁は妻壁側に拘束されるため、妻壁の強軸方向応答による影響は軽微である。

弱軸方向及び強軸方向の最大加速度を表3-4-9に示す。ここで、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のいずれの屈曲部や隅角部においても、一般部に対して交差部である屈曲部や隅角部の延長は短く、ブロック全体の応答は一般部の応答が支配的であることから、最大加速度は一般部をモデル化した2次元有限要素法により算定した。なお、一般部の応答は弱軸方向をモデル化した解析から、交差部の応答は強軸方向をモデル化した解析からそれぞれ算定した。最大加速度は強軸方向と比較して弱軸方向が大きい。また、VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す被覆コンクリート壁の照査で最も厳しい照査値は0.28（評価断面：②-②断面，照査項目：曲げ軸力，地震動：S<sub>s</sub>-D（-+））であり、十分な裕度を有している。したがって、屈曲部又は隅角部を有するブロックに対して一般部に作用する慣性力と交差部に作用する慣性力を同時に作用させ、かつ、それらの慣性力により発生する被覆コンクリート壁の断面力を保守的に足し合わせた場合においても、被覆コンクリート壁の健全性は保持されるものと考えられる。以上より、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の従来設計手法による設計結果は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した設計となっていることを確認した。



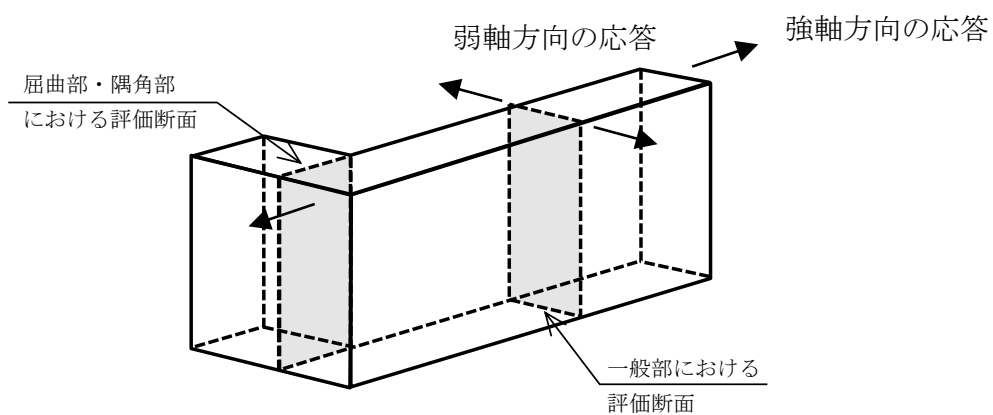


図 3-4-9 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工における  
 屈曲部や隅角部の設計イメージ

表 3-4-9 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における  
 弱軸方向及び強軸方向の最大加速度

	地震動	弱軸方向 加速度 ( $m/s^2$ )	強軸方向 加速度 ( $m/s^2$ )
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) (②-②断面)	$S_s - D$ (-+)	24.78	13.83

## (2) 鋼管杭基礎

## a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工

## (a) 評価内容

鋼管杭基礎の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの2次元有限要素法にて評価した同部位及び同時刻の断面力を組み合わせて用いる。これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。

## (b) 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す評価対象断面のうち、改良地盤部（②-②断面）及びその強軸方向断面（⑦-⑦断面）を選定する。

改良地盤部（②-②断面）において、図3-4-10に示すように隣接するブロックは屈曲部又は隅角部であるが、妻壁による効果を考慮せず強軸方向断面（⑦-⑦断面）をモデル化することで、強軸方向断面（⑦-⑦断面）の断面力を保守的に算定し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。本断面における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の程度を踏まえ、他断面の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

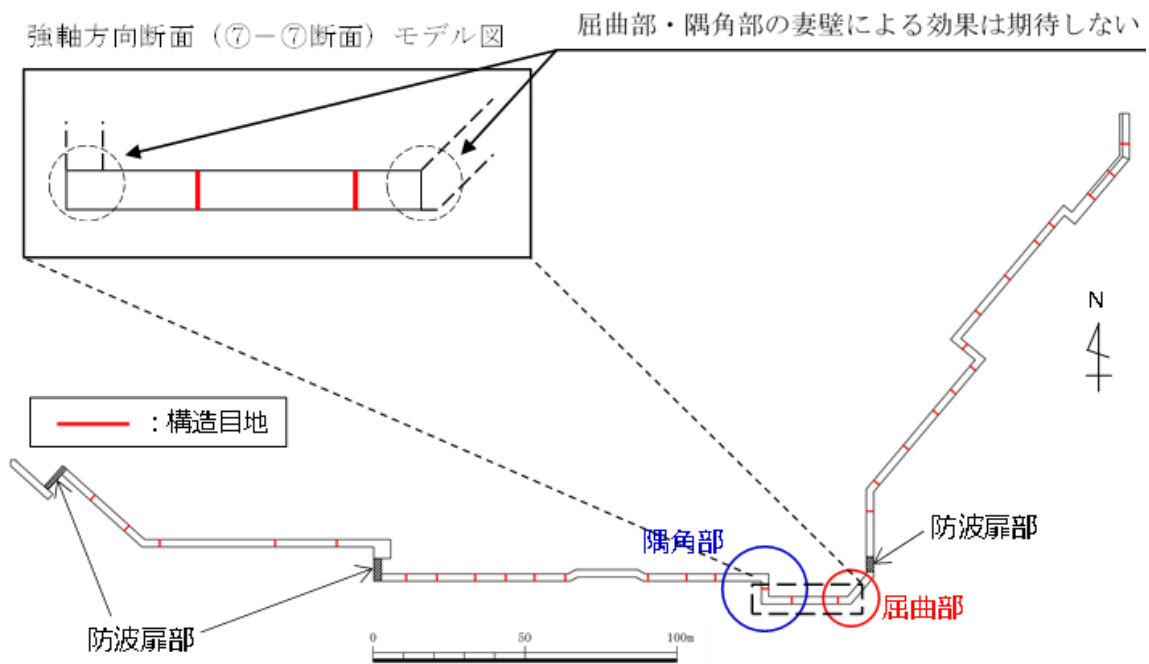


図3-4-10 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）改良地盤部（②-②断面）モデル化範囲

## (c) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査値の算定方法

本評価においては、鋼管杭基礎の水平 1 方向照査において最も厳しい結果であった曲げ・軸力系の破壊に対する照査にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ・軸力系の破壊に対する照査の算定式を以下に示す。

曲げモーメントは次式により算定する。

$$M(t) = \sqrt{M(t)_{弱}^2 + M(t)_{強}^2}$$

ここで、

$M(t)$  : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した時刻  $t$  における曲げモーメント (kN・m)

$M(t)_{弱}$  : 時刻  $t$  における弱軸方向の曲げモーメント (kN・m)

$M(t)_{強}$  : 時刻  $t$  における強軸方向の曲げモーメント (kN・m)

許容限界である降伏モーメントは次式により算定する。

$$M_y = \sum (f_{yi} - \frac{|N_i|}{A_i}) Z_{ei}$$

ここで、

$M_y$  : 多重鋼管杭の降伏モーメント (kN・m)

$f_{yi}$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の降伏基準点 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{ei}$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$N_i$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管に発生する軸力 (kN)

$A_i$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (d) 評価条件

## イ. 地震応答解析

地震応答解析は、VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

## ロ. 検討ケース

水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において、最も照査値が厳しい地震動を対象に、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

表3-4-10に示す改良地盤部（②-②断面）の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果より、地震動は $S_s - D (-+)$ を選定する。

表3-4-10 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを実施する地震動の選定（②-②断面）

評価部位	地震動	照査値 (曲げ軸力照査)	選定結果
鋼管杭	$S_s - D (++)$	0.62	
	$S_s - D (-+)$	0.85	○
	$S_s - D (+-)$	0.68	
	$S_s - D (--)$	0.81	
	$S_s - F 1 (++)$	0.19	
	$S_s - F 2 (++)$	0.23	
	$S_s - N 1 (++)$	0.51	
	$S_s - N 1 (-+)$	0.51	
	$S_s - N 2 (NS) (++)$	0.31	
	$S_s - N 2 (NS) (-+)$	0.48	
	$S_s - N 2 (EW) (++)$	0.46	
	$S_s - N 2 (EW) (-+)$	0.34	

## (e) 評価結果

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の鋼管杭に対する水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表3-4-11に示す。水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも鋼管杭の発生応力が許容限界以下であることを確認した。また、水平1方向及び鉛直方向地震力において最も厳しい照査値0.85に対し、水平2方向及び鉛直方向地震力では照査値が0.87となった。よって、水平2方向及び鉛直方向地震力による鋼管杭への影響は、水平1方向及び鉛直方向地震力の照査と比較して約2.0%となった。

表3-4-11 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(改良地盤部(②-②断面))

地震動	解析ケース	発生断面力		降伏曲げ モーメント (kN・m)	照査値
		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)		
S <sub>s</sub> -D (-+)	弱軸方向の軸力を用いた場合	75873	810	89060	0.86
	強軸方向の軸力を用いた場合	75873	2819	88118	0.87

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における評価対象断面のうち、最も照査結果が厳しい施設護岸前出し部(③-③断面)においても水平2方向の影響を確認する。施設護岸前出し部(③-③断面)の鋼管杭における水平1方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表3-4-12に示す。水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を考慮しても発生断面力は許容限界以下であることを確認した。

表3-4-12 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(施設護岸前出し部(③-③断面))

	水平1方向及び 鉛直方向地震力 (a)	水平2方向及び 鉛直方向地震力 (a) × 1.02
照査値	0.94	0.96

(3) 防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の上部工

a. 評価内容

防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の上部工の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、「3.4.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果」において、防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の浸水防護としての役割から鋼製扉体を主な部材として抽出・評価している。ここでは念のため、防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の漂流物対策工の上部工について評価を示す。

防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の漂流物対策工の上部工の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-10-2-4「防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書」に示す水平1方向及び鉛直方向地震力に対する発生値／許容限界値が基準値  $1/\sqrt{2}$  (0.70) 以下であることを確認する。

b. 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-4「防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書」に示す防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）のうち、漂流物対策工戸当り（RC支柱）を選定する。

c. 評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表3-4-13及び表3-4-14に示す。発生値／許容限界値は基準値0.70以下であることを確認した。

表 3-4-13 防波壁通路防波扉（荷揚場南）の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (応力度)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	曲げ	46	N/mm <sup>2</sup>	294	N/mm <sup>2</sup>	0.16 < 0.70
	せん断	0.37	N/mm <sup>2</sup>	0.82	N/mm <sup>2</sup>	0.46 < 0.70

表 3-4-14 防波壁通路防波扉（3号機東側）の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (応力度)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	曲げ	35	N/mm <sup>2</sup>	294	N/mm <sup>2</sup>	0.13 < 0.70
	せん断	0.36	N/mm <sup>2</sup>	0.82	N/mm <sup>2</sup>	0.44 < 0.70

#### 3.4.4 機器・配管系への影響

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響に対する評価対象構造物のうち、間接支持構造物である防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工について、隅角部又は屈曲部に支持される機器・配管系を支持していないことから影響はない。

#### 3.4.5 まとめ

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備において、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある施設（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮したうえで抽出し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生応力が許容値を満足し、施設が有する耐震性に影響のないことを確認した。



## VI-2-別添 1 火災防護設備の耐震性についての計算書

## VI-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の基本方針

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	2
2.1 評価方針 .....	2
2.2 評価対象設備 .....	2
2.3 適用規格・基準等 .....	19
2.4 記号の説明 .....	20
2.5 計算精度と数値の丸め方 .....	35
3. 評価部位 .....	41
4. 固有周期 .....	43
5. 構造強度評価 .....	43
5.1 構造強度評価方法 .....	43
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 .....	44
5.3 設計用地震力 .....	49
5.4 計算方法 .....	49
6. 機能維持評価 .....	61
6.1 火災感知器 .....	62
6.2 火災受信機盤 .....	62
6.3 ボンベラック .....	62
6.4 選択弁 .....	62
6.5 制御盤（全域ガス消火設備） .....	62

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 11 条，第 52 条及びそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」にて適合することを要求している「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（令和 2 年 3 月 31 日原子力規制委員会）」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合する設計とするため，VI-1-1-8「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「VI-1-1-8」という。）に示す火災感知設備及び消火設備が，火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

火災防護設備の計算結果は，VI-2-別添 1-2-1「火災感知器の耐震性についての計算書」，VI-2-別添 1-2-2「火災受信機盤の耐震性についての計算書」，VI-2-別添 1-3-1「ボンベラックの耐震性についての計算書」，VI-2-別添 1-3-2「選択弁の耐震性についての計算書」，VI-2-別添 1-3-3「制御盤の耐震性についての計算書」及びVI-2-別添 1-3-4「管の耐震性についての計算書（消火設備）」に示すとともに，動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果をVI-2-別添 1-4「火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

応力評価は、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、機能維持評価は、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

耐震評価フローを図2-1 に示す。

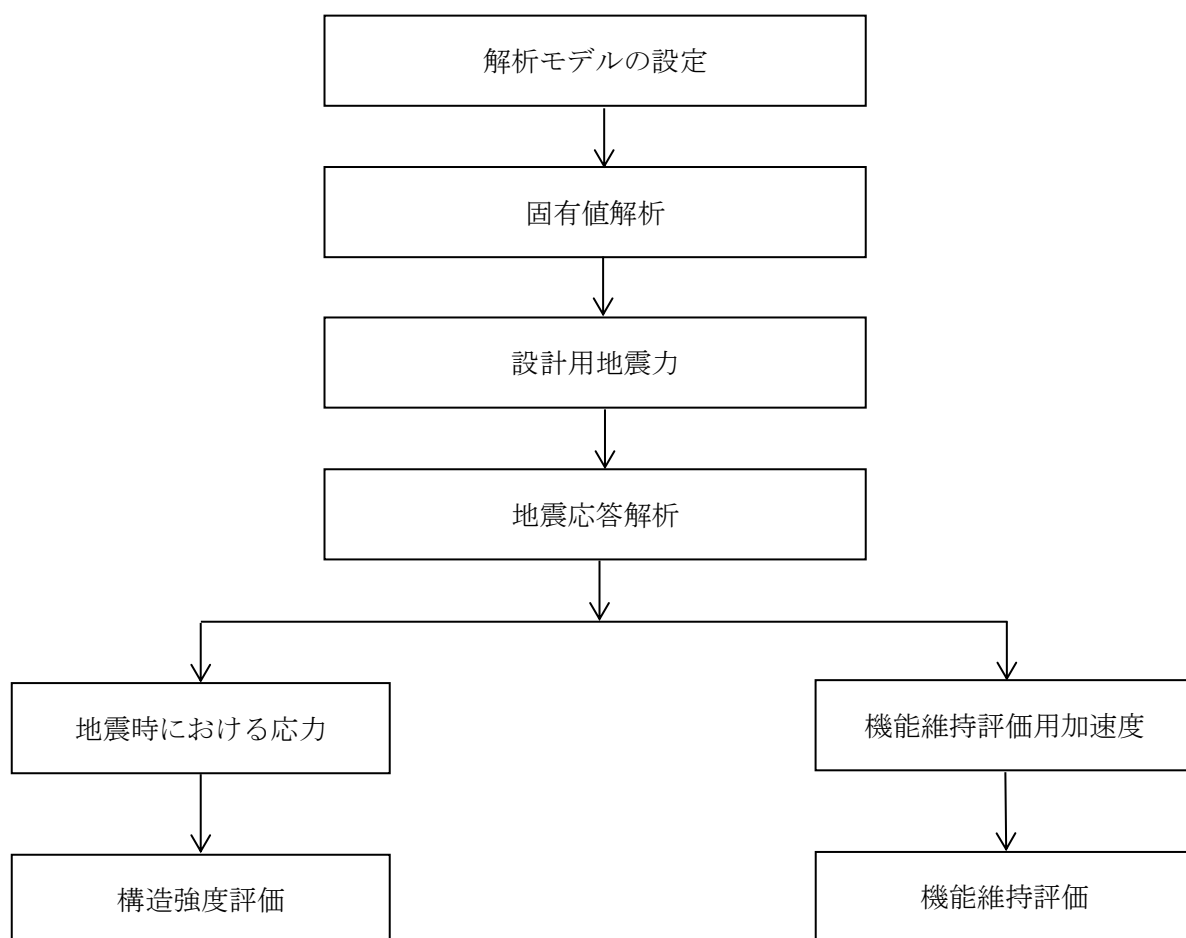


図 2-1 耐震評価フロー

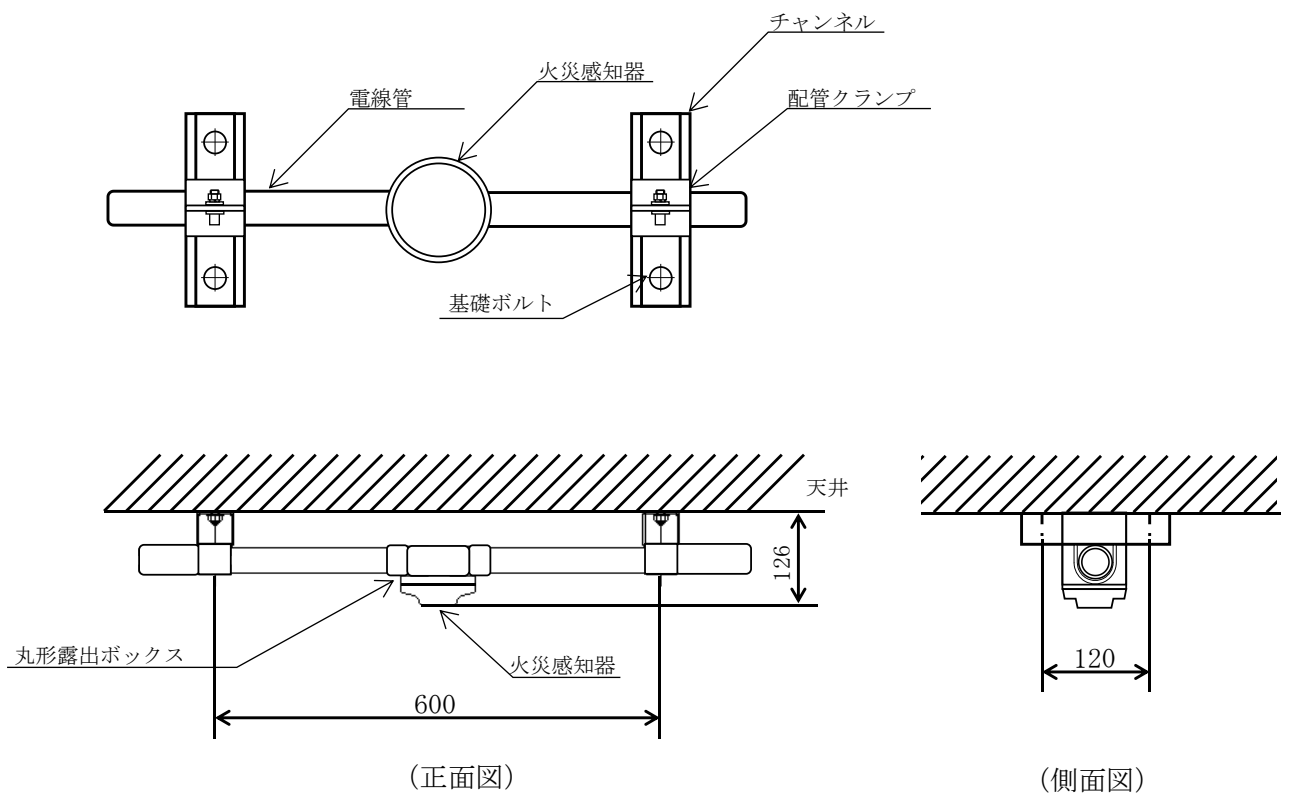
### 2.2 評価対象設備

評価対象設備は、VI-1-1-8のうち「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備のうち火災感知器及び火災受信機盤及び「5.2 消火設備について」に示す消火設備のうちポンベラック、選択弁、制御盤（全域ガス消火設備）及び配管（消火設備）を対象とする。

火災感知設備の構造計画を表2-1及び表2-2に、消火設備の構造計画を表2-3～表2-6に示す。

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (1/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器①	火災感知器①は、丸形露出ボックスに取り付け、丸形露出ボックスに接続された電線管を配管クランプにてチャンネルに固定する。チャンネルは、基礎ボルトにて天井に固定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・煙感知器</li> <li>・熱感知器</li> </ul>	図 2-2



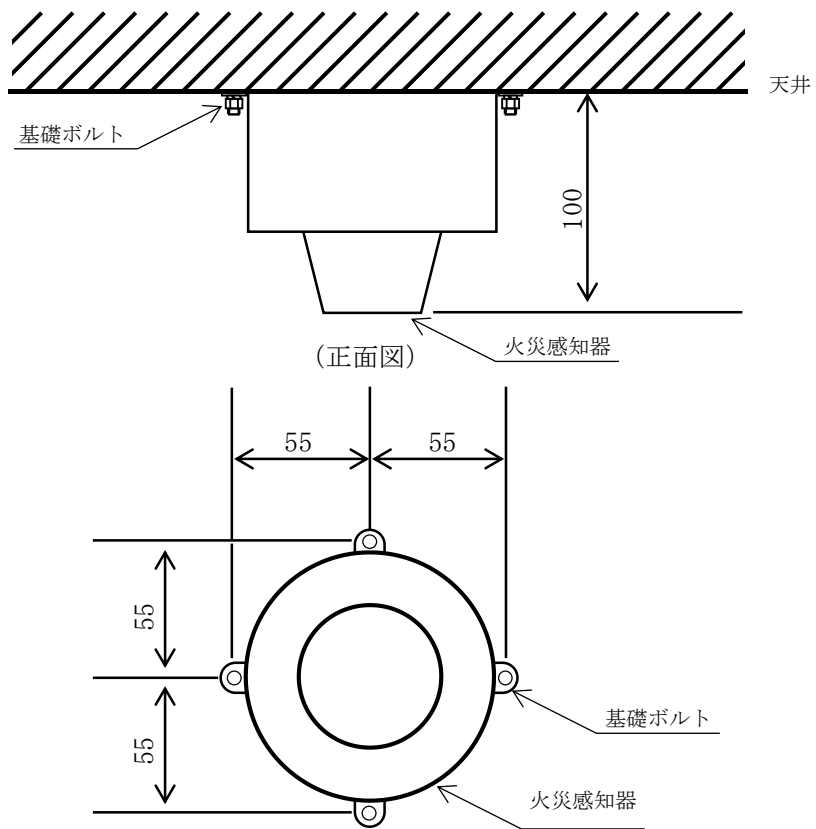
(単位：mm)

機器名称	重量 (kg)
煙感知器	0.125
熱感知器	0.137

図 2-2 火災感知器①の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (2/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器②	火災感知器②は、基礎ボルトにて、天井に固定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・煙感知器 (防爆)</li> <li>・熱感知器 (防爆)</li> </ul>	図 2-3



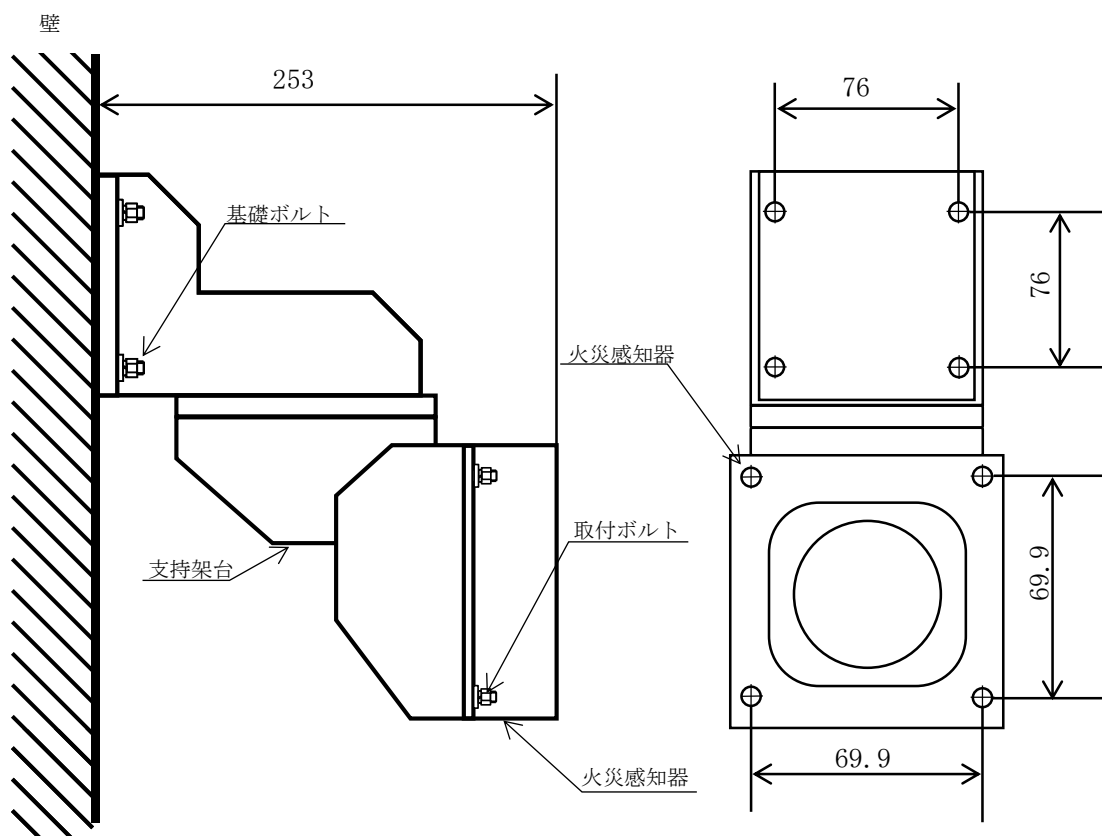
(単位：mm)

機器名称	重量 (kg)
煙感知器 (防爆)	3.0
熱感知器 (防爆)	2.5

図2-3 火災感知器②の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (3/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器③	火災感知器③は、取付ボルトにて支持架台に取付け、支持架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	・炎感知器	図 2-4



(側面図)

(正面図)

(単位：mm)

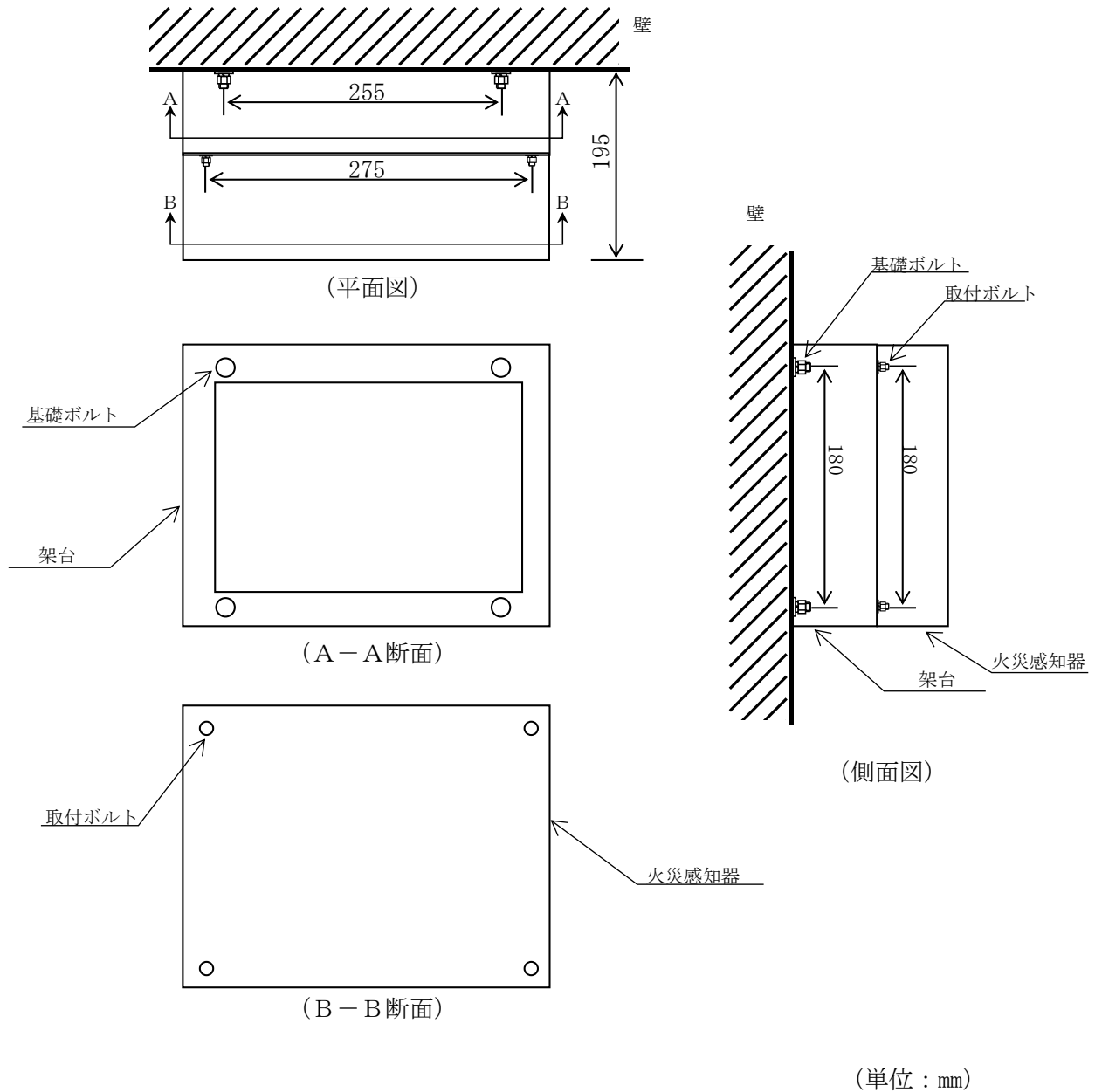
機器名称	重量 (kg)
炎感知器	0.65

図2-4 火災感知器③の概要図



表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (4/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器④	火災感知器④は、取付ボルトにて架台に取り付け、架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	・煙吸引式検出設備	図 2-5

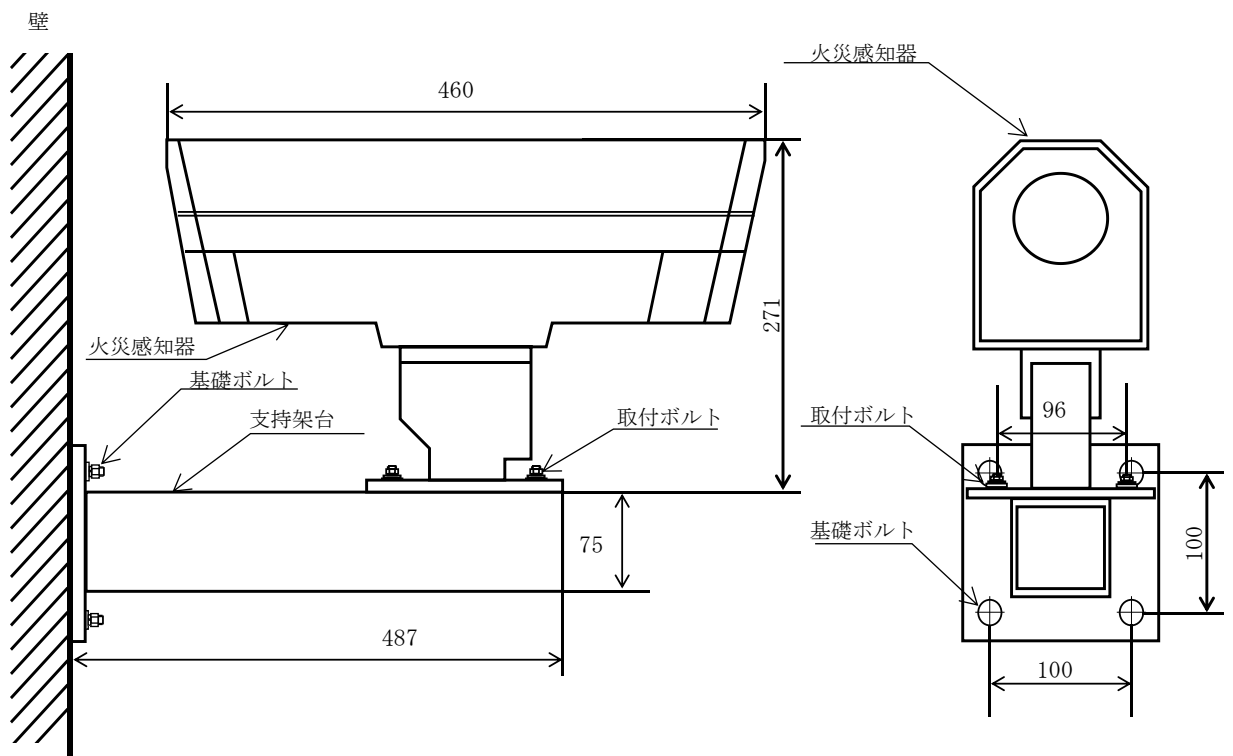


機器名称	重量 (kg)
煙吸引式検出設備	2.0

図 2-5 火災感知器④の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (5/5)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器⑤	火災感知器⑤は、取付ボルトにて支持架台に取付け、支持架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	・熱感知カメラ	図 2-6



(側面図)

(正面図)

(単位：mm)

機器名称	重量 (kg)
熱感知カメラ	5.0

図 2-6 火災感知器⑤の概要図

表 2-2 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画 (1/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤①	火災受信機盤①は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	図 2-7

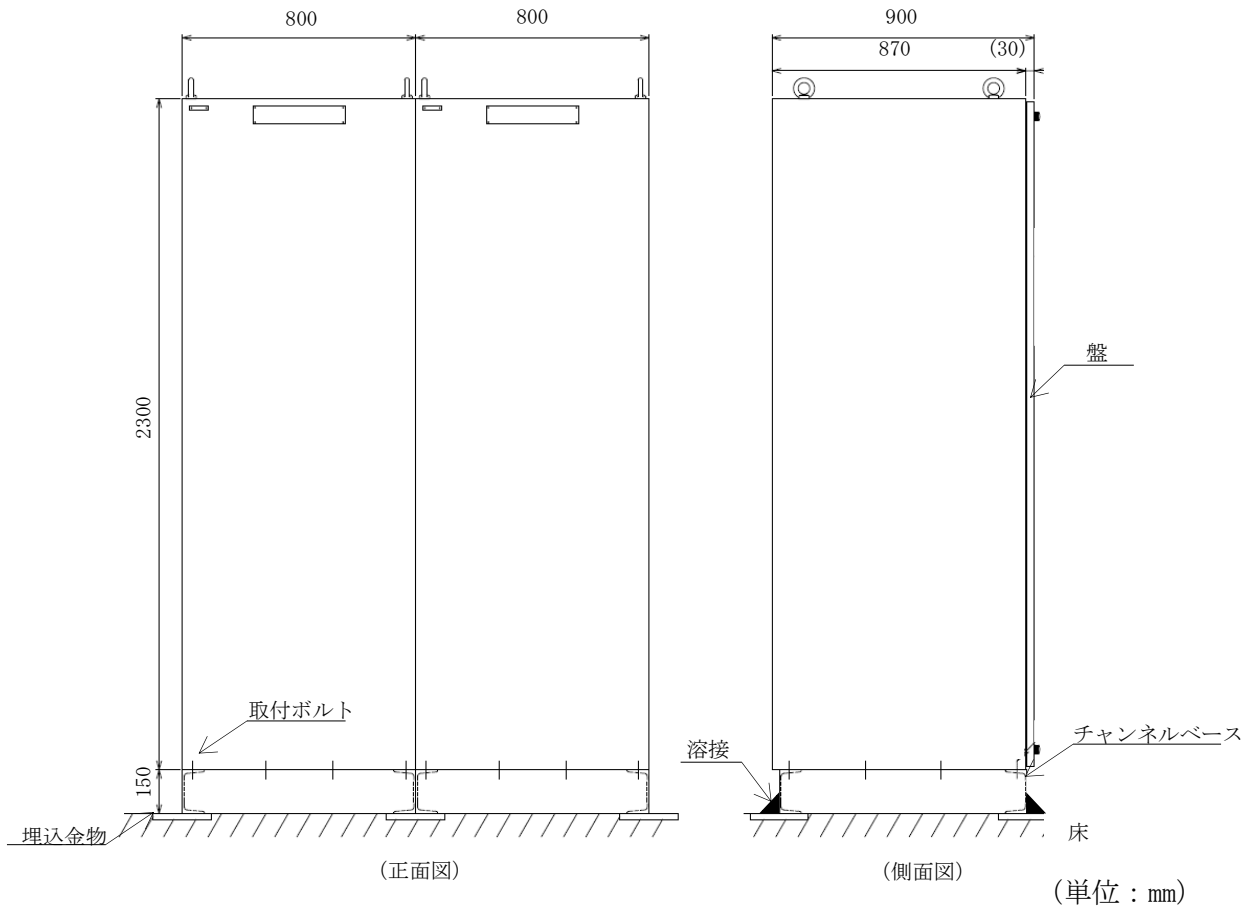


図 2-7 火災受信機盤①の概要図

表 2-2 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画 (2/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤②	火災受信機盤②は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎架台に固定され、基礎架台は基礎ボルトにて基礎に設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	図 2-8

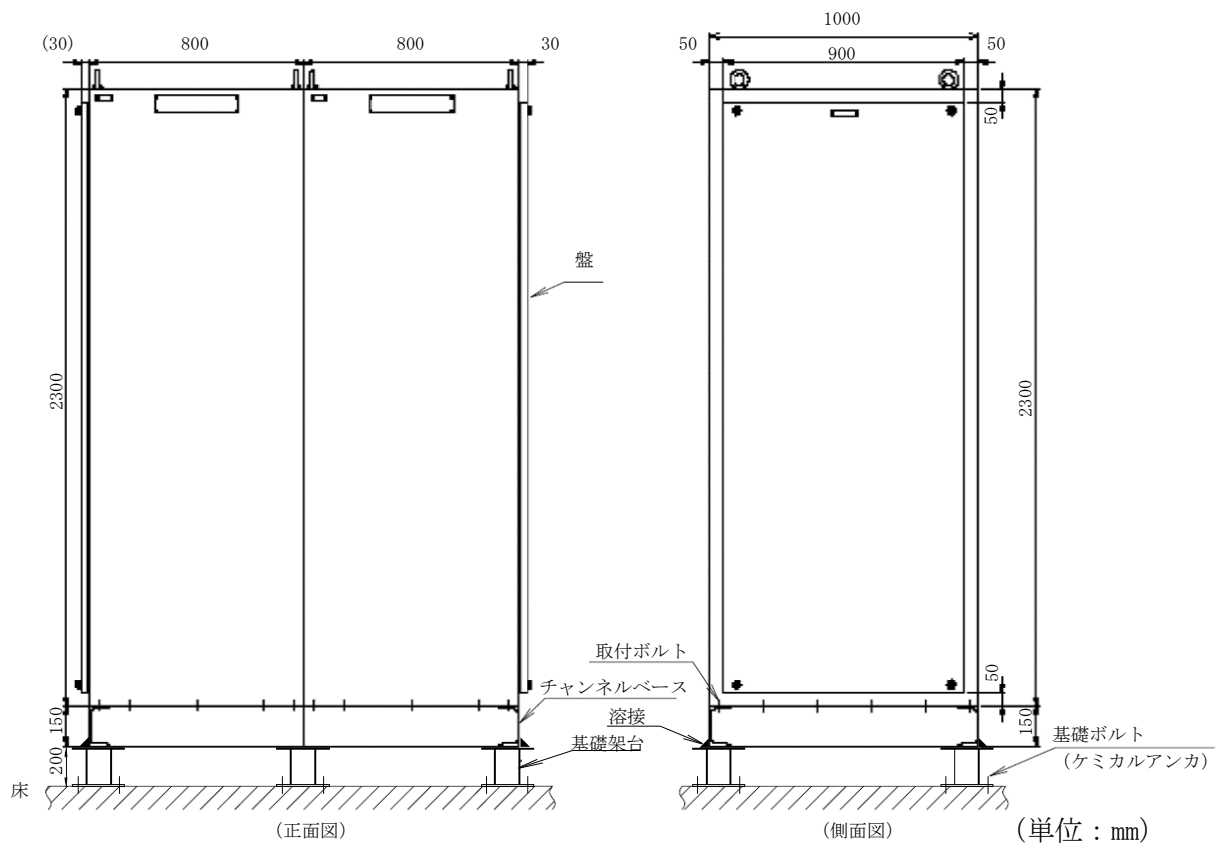
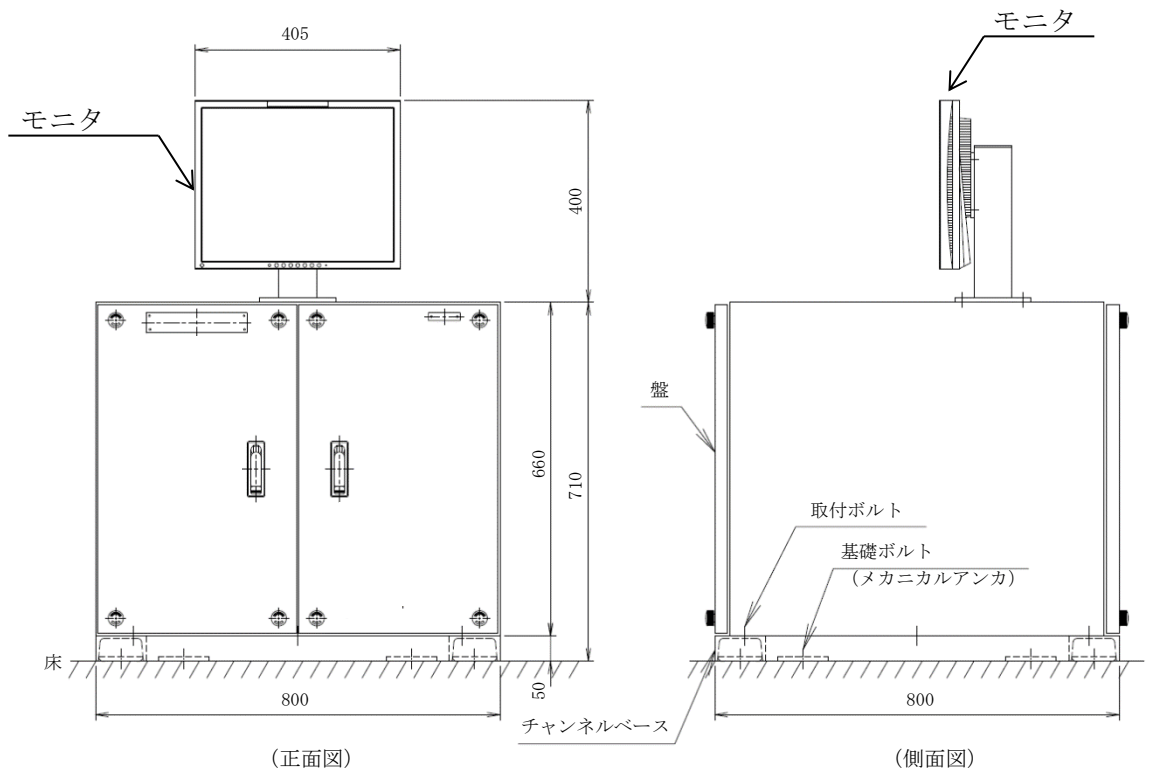


図 2-8 火災受信機盤②の概要図

表 2-2 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画 (3/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤③	火災受信機盤③は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。また、モニタはボルトにて盤に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	図 2-9

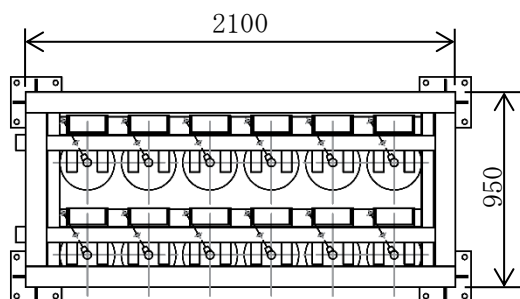


(単位 : mm)

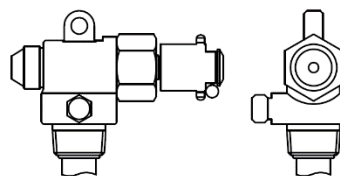
図 2-9 火災受信機盤③の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (1/5)

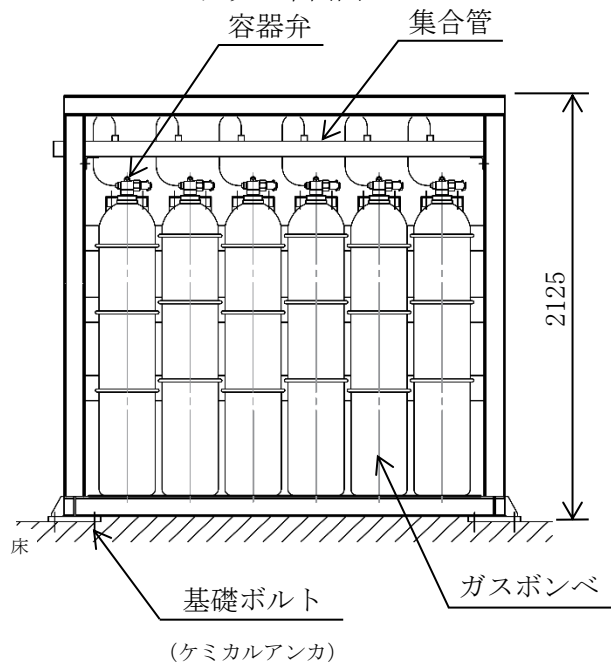
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (680 2列6本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。 ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。 また、集合管はボンベラックに固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-10



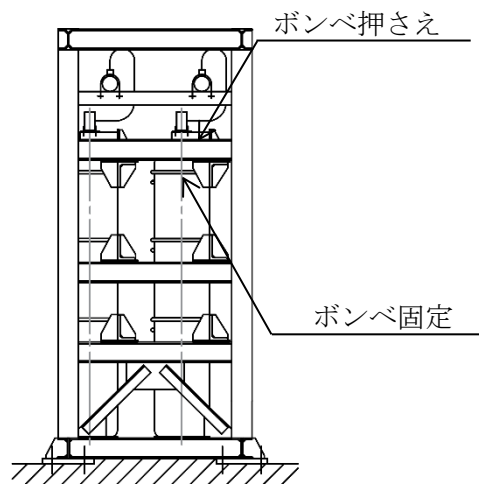
ボンベラック平面図



容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



ボンベラック正面図



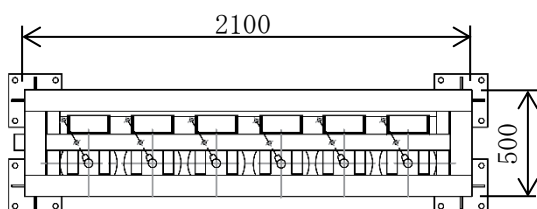
ボンベラック側面図

(単位 : mm)

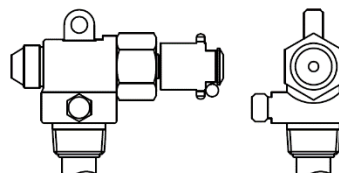
図 2-10 ボンベラック (680 2列6本用) の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (2/5)

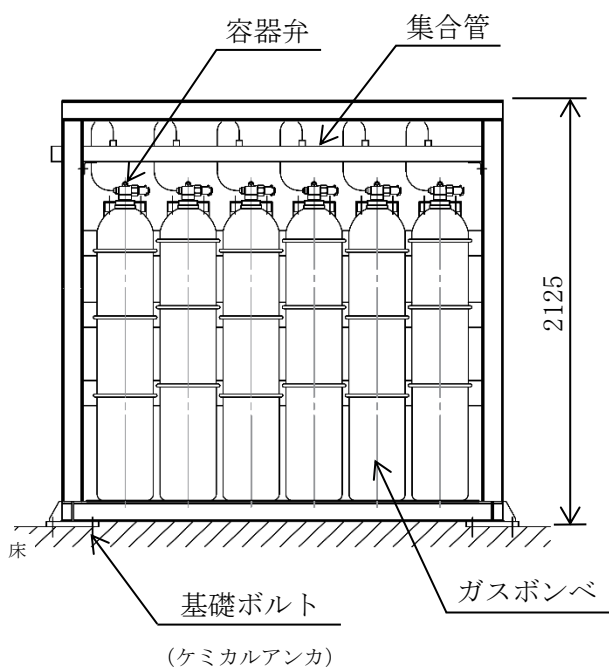
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (68ℓ 1列6本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。 ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。 また、集合管はボンベラックに固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-11



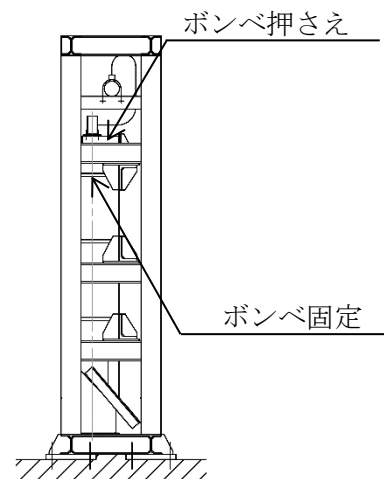
ボンベラック平面図



容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



ボンベラック正面図



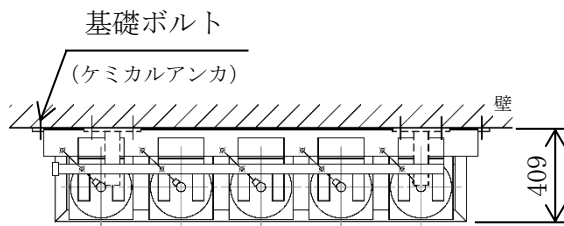
ボンベラック側面図

(単位 : mm)

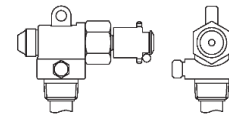
図 2-11 ボンベラック (68ℓ 1列6本用) の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (3/5)

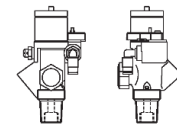
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (24ℓ 壁掛 5 本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて壁に設置する。また、集合管はボンベラックとは独立して固定する。なお、容器弁の形状が全域ガス消火設備用とケーブルトレイ消火用で異なるが、ガスボンベ及びボンベラックは同じ構造である。	ガスボンベ 及び容器弁 (壁掛形)	図 2-12



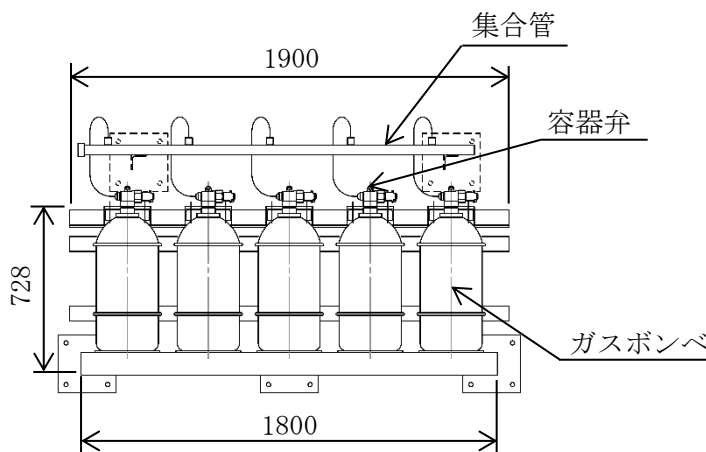
ボンベラック平面図



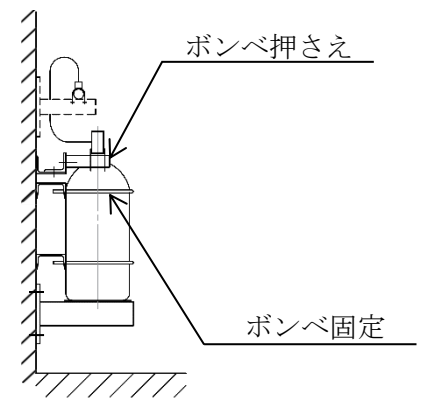
容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



容器弁 (ケーブルトレイ消火設備用) 外観図



ボンベラック正面図



ボンベラック側面図

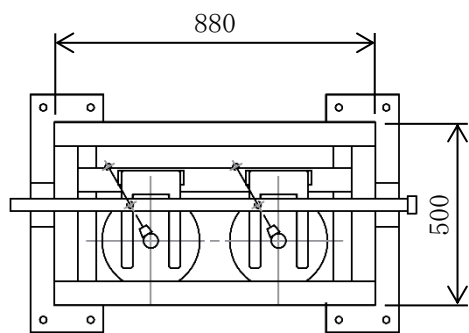
(単位 : mm)

図 2-12 ボンベラック (24ℓ 壁掛 5 本用) の概要図



表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (4/5)

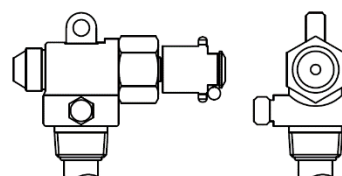
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (240 1列2本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。また、集合管はボンベラックに固定する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-13



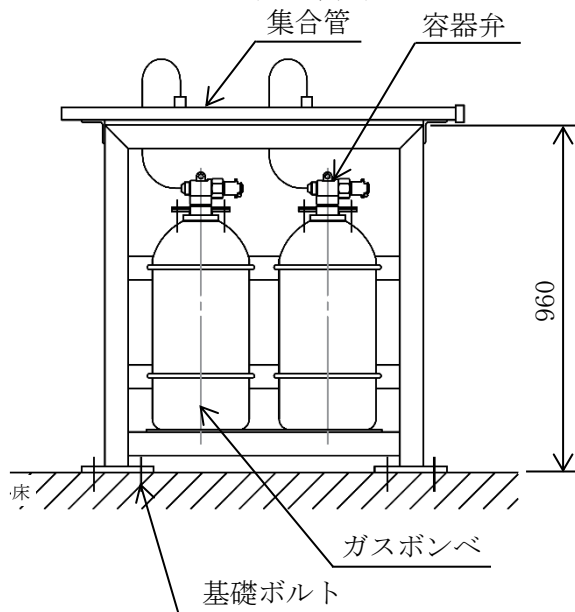
ボンベラック平面図

集合管

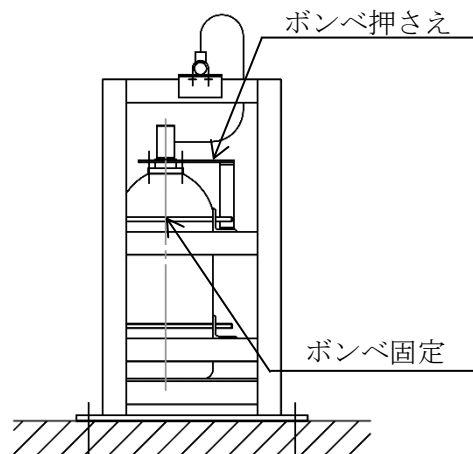
容器弁



容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



ボンベラック正面図



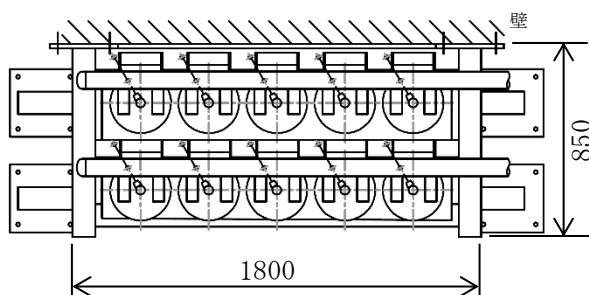
ボンベラック側面図

(単位 : mm)

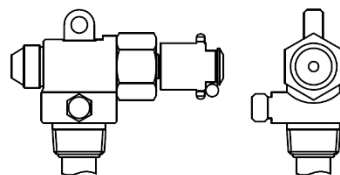
図 2-13 ボンベラック (240 1列2本用) の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (5/5)

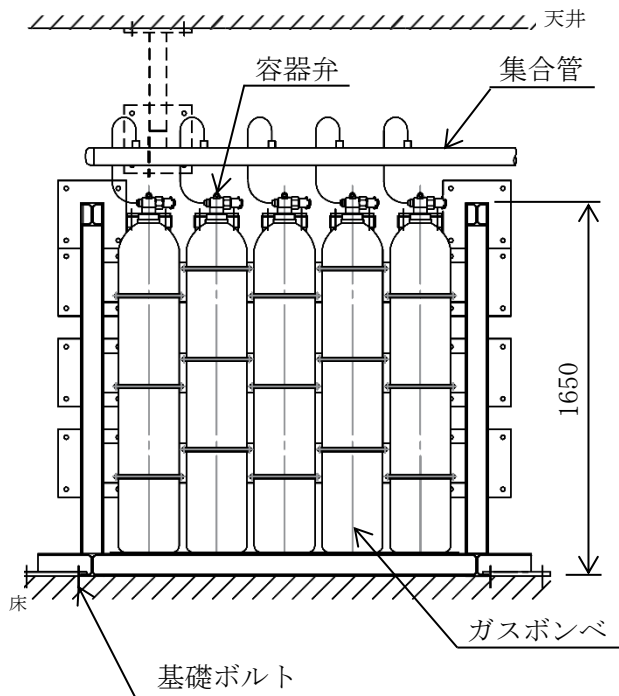
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (68ℓ 2列5本用)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎及び壁に設置する。また、集合管はボンベラックとは独立して固定する。	ガスボンベ及び容器弁（壁支持を含む直立形）	図 2-14



ボンベラック平面図

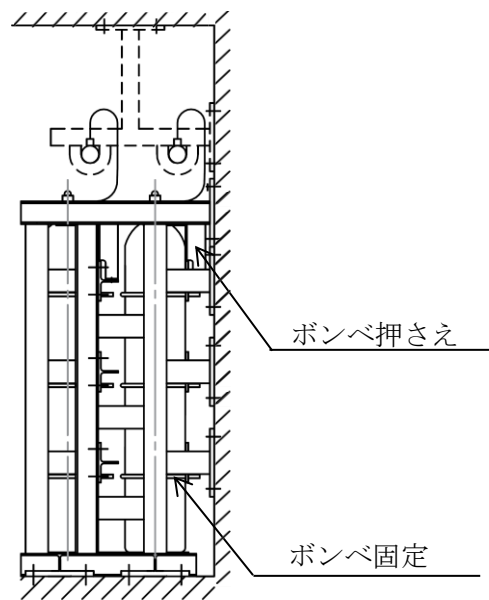


容器弁（全域ガス消火設備用）外観図



(ケミカルアンカ)

ボンベラック正面図



ボンベラック側面図

(単位：mm)

図 2-14 ボンベラック (68ℓ 2列5本用) の概要図

表 2-4 火災防護設備のうち選択弁の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
選択弁	選択弁は、集合管に取り付けて固定する。集合管及び起動装置格納箱は、選択弁ラックに固定し、選択弁ラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。	選択弁、集合管及び選択弁ラック（直立形）	図 2-15

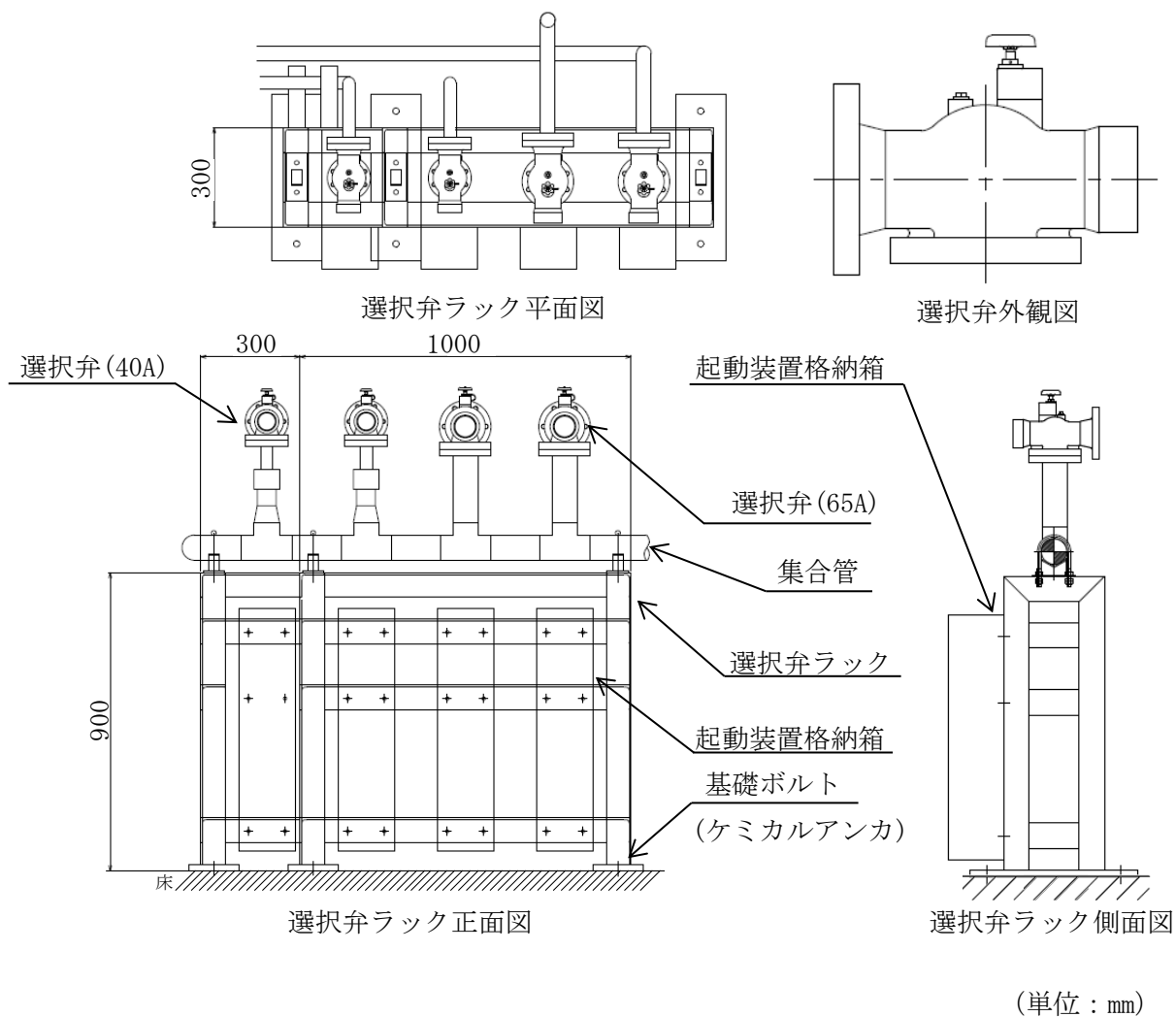
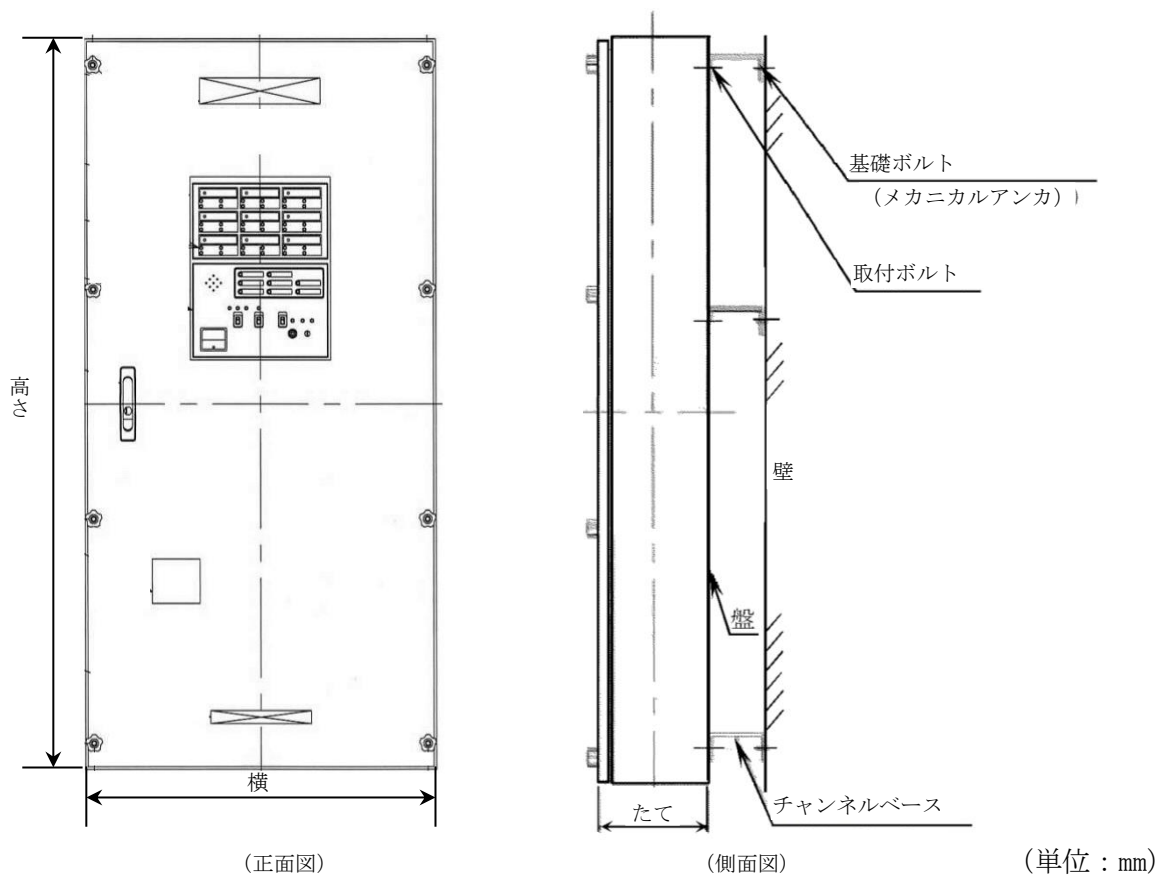


図 2-15 選択弁の概要図

表 2-5 火災防護設備のうち制御盤（全域ガス消火設備）の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
制御盤 (全域ガス消火設備)	制御盤（全域ガス消火設備）は、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて壁に設置する。	壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)	図 2-16



(正面図)

(側面図)

(単位：mm)

機器名称	制御盤（全域ガス消火設備） 自動 3 回線	制御盤（全域ガス消火設備） 自動 9 回線
たて	200	200
横	550	700
高さ	950	1400

図 2-16 制御盤（全域ガス消火設備）の概要図\*

注記\*：制御盤（全域ガス消火設備）のうち自動 9 回線の制御盤（全域ガス消火設備）を代表に記載する。

表 2-6 火災防護設備のうち配管（消火設備）の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
配管 (ケーブルトレイ消火設備)	配管（ケーブルトレイ消火設備）はケーブルトレイ外において、配管の自在性を活かすために、UボルトやUバンド等にて支持することなくパンチングトレイ内に設置する。	配管	図 2-17

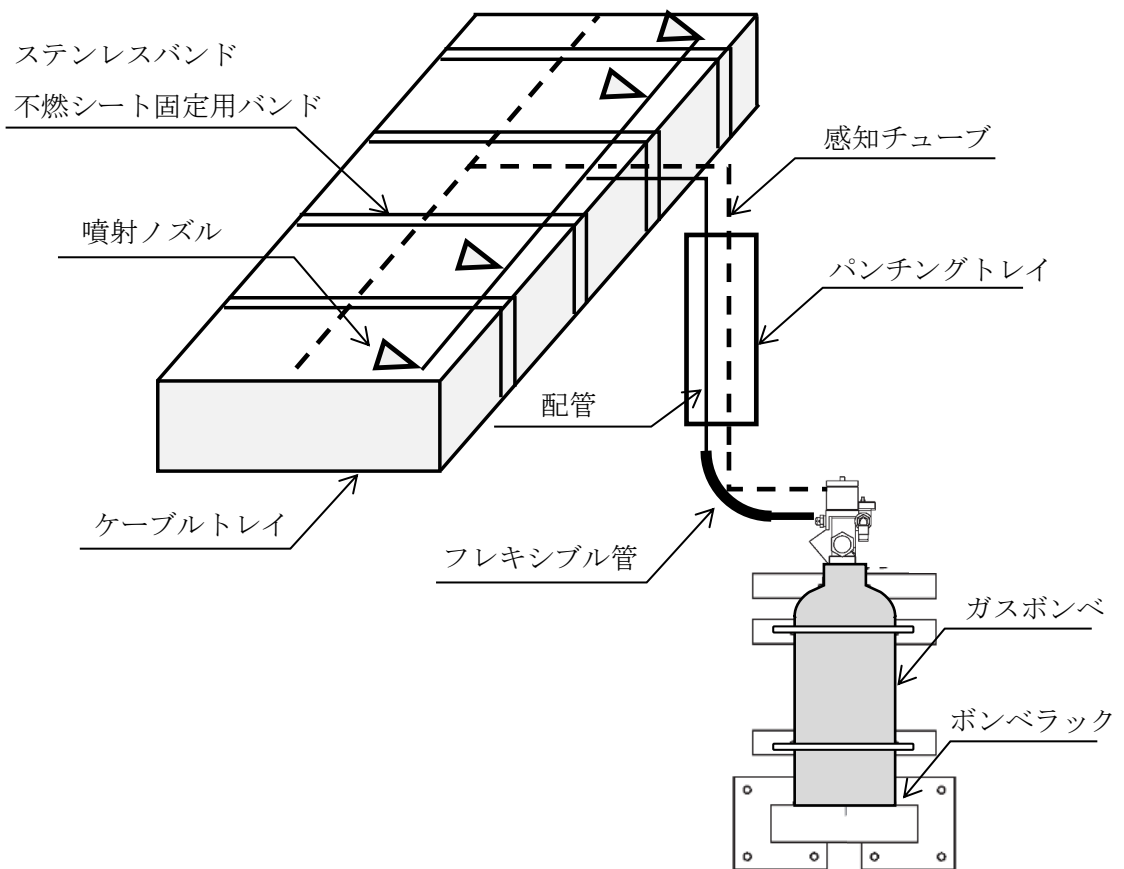


図 2-17 配管（ケーブルトレイ消火設備）の概要図

### 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・鋼構造設計基準 一許容応力度設計法一（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・日本産業規格（J I S）

2.4 記号の説明

表 2-7 火災感知器①の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1, *3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1, *3</sup>	mm
$m_i$	火災感知器及び支持架台又は固定金具の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,

$S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

\*3:  $l_{1i} \leq l_{2i}$

表 2-8 火災感知器②の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1, *3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1, *3</sup>	mm
$m_i$	火災感知器及び支持架台又は固定金具の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,

$S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 基礎ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 据付面

\*3:  $l_{1i} \leq l_{2i}$



表 2-9 火災感知器③の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{ai}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_{bi}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離* <sup>1</sup>	mm
$m_i$	火災感知器及び支持架台又は固定金具の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{ai}$ ,  $l_{bi}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fHi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2 :  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 取付面

表 2-10 火災感知器④の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{ai}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_{bi}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離* <sup>1</sup>	mm
$m_i$	火災感知器及び支持架台又は固定金具の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{ai}$ ,  $l_{bi}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fHi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2 :  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 取付面

表 2-11 火災感知器⑤の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{ai}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_{bi}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離* <sup>1</sup>	mm
$m_i$	火災感知器及び支持架台又は固定金具の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $l_{ai}$ ,  $l_{bi}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fHi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,

$\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 基礎ボルト

$i = 2$  : 取付ボルト

\*2 :  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 取付面

\*3 :  $l_{1i} \leq l_{2i}$

表 2-12 火災受信機盤の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1, *3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1, *3</sup>	mm
$m_i$	盤の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,

$S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

$i = 2$ : 取付面

\*3:  $l_{1i} \leq l_{2i}$

表2-13 ボンベラックの応力評価に用いる記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	ボンベラック部材の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s x</sub>	ボンベラック部材のせん断断面積 (x 方向)	mm <sup>2</sup>
A <sub>s y</sub>	ボンベラック部材のせん断断面積 (y 方向)	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d <sub>o</sub>	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F <sub>x</sub>	ボンベラック部材のせん断力 (x 方向)	N
F <sub>y</sub>	ボンベラック部材のせん断力 (y 方向)	N
F <sub>s b</sub>	基礎ボルトのせん断力	N
F <sub>t m</sub>	ボンベラック部材の軸力	N
F <sub>t b</sub>	基礎ボルトの引張力	N
f <sub>s b</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>t m</sub>	ボンベラック部材の許容引張応力	MPa
f <sub>t o</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>t s</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
J	ボンベラック部材のねじり定数	mm <sup>4</sup>
M <sub>x</sub>	ボンベラック部材の曲げモーメント (x 方向)	N・mm
M <sub>y</sub>	ボンベラック部材の曲げモーメント (y 方向)	N・mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
T	ボンベラック部材のねじりモーメント	N・mm
t	ボンベラック部材の最大板厚	mm
Z <sub>x</sub>	ボンベラック部材の断面係数 (x 方向)	mm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	ボンベラック部材の断面係数 (y 方向)	mm <sup>3</sup>
σ <sub>b</sub>	ボンベラック部材に生じる曲げ応力	MPa
σ <sub>f</sub>	ボンベラック部材に生じる組合せ応力	MPa
σ <sub>f a</sub>	ボンベラック部材に生じる軸応力と曲げ応力の和	MPa
σ <sub>t</sub>	ボンベラック部材に生じる軸応力	MPa
σ <sub>t b</sub>	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	ボンベラック部材に生じるせん断応力	MPa
τ <sub>b</sub>	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa



表2-14 選択弁の応力評価に用いる記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	選択弁ラック部材の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s x</sub>	選択弁ラック部材のせん断断面積 (x 方向)	mm <sup>2</sup>
A <sub>s y</sub>	選択弁ラック部材のせん断断面積 (y 方向)	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d <sub>o</sub>	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F <sub>x</sub>	選択弁ラック部材のせん断力 (x 方向)	N
F <sub>y</sub>	選択弁ラック部材のせん断力 (y 方向)	N
F <sub>s b</sub>	基礎ボルトのせん断力	N
F <sub>t m</sub>	選択弁ラック部材の軸力	N
F <sub>t b</sub>	基礎ボルトの引張力	N
f <sub>s b</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>t</sub>	選択弁ラック部材の許容引張応力	MPa
f <sub>t o</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>t s</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
J	選択弁ラック部材のねじり定数	mm <sup>4</sup>
M <sub>x</sub>	選択弁ラック部材の曲げモーメント (x 方向)	N・mm
M <sub>y</sub>	選択弁ラック部材の曲げモーメント (y 方向)	N・mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
T	選択弁ラック部材のねじりモーメント	N・mm
t	選択弁ラック部材の最大板厚	mm
Z <sub>x</sub>	選択弁ラック部材の断面係数 (x 方向)	mm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	選択弁ラック部材の断面係数 (y 方向)	mm <sup>3</sup>
σ <sub>b</sub>	選択弁ラック部材に生じる曲げ応力	MPa
σ <sub>f</sub>	選択弁ラック部材に生じる組合せ応力	MPa
σ <sub>f a</sub>	選択弁ラック部材に生じる軸応力と曲げ応力の和	MPa
σ <sub>t</sub>	選択弁ラック部材に生じる軸応力	MPa
σ <sub>t b</sub>	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	選択弁ラック部材に生じるせん断応力	MPa
τ <sub>b</sub>	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

表 2-15 制御盤（全域ガス消火設備）の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力（1本当たり）* <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）（壁掛形）* <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）（壁掛形）* <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度（=9.80665）	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{2i}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{3i}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形）* <sup>1</sup>	mm
$m_i$	盤の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（前後方向）（壁掛形）* <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（左右方向）（壁掛形）* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fHi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2 :  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 取付面

\*3 :  $l_{1i} \leq l_{2i}$

表 2-16 配管（消火設備）の応力評価に用いる記号の定義（1/2）

記号	記号の説明	単位
$B_1, B_2,$ $B_{2b}, B_{2r}$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（一次応力の計算に使用するもの）	—
$C_2, C_{2b},$ $C_{2r}$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（一次＋二次応力の計算に使用するもの）	—
$D_0$	管の外径	mm
$E$	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定する縦弾性係数	MPa
$i_1$	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値	—
$i_2$	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.0 のいずれか大きい方の値	—
$K_2, K_{2b},$ $K_{2r}$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（ピーク応力の計算に使用するもの）	—
$M_a$	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生じるモーメント	N・mm
$M_b$	耐震性についての計算：管の機械的荷重（地震を含めた短期的荷重）により生じるモーメント	N・mm
$M_b^*$	地震による慣性力により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_{bp}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント	N・mm
$M_{bs}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_c$	耐震性についての計算：地震による相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_{ip}$	耐震性についての計算：管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント	N・mm
$M_{is}$	耐震性についての計算：管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$M_{rp}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント	N・mm

表 2-16 配管（消火設備）の応力評価に用いる記号の定義（2/2）

記号	記号の説明	単位
$M_{r s}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$n_i$	繰返し荷重 $i$ の実際の繰返し回数	回
$N_i$	繰返し荷重 $i$ に対し、設計・建設規格 PPB-3534 に従って算出された許容繰返し回数	回
$P$	耐震性についての計算：地震と組合せるべき運転状態における圧力	MPa
$S$	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力	MPa
$S_l$	繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_m$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に規定する材料の設計応力強さ	MPa
$S_n$	一次＋二次応力	MPa
$S_p$	ピーク応力	MPa
$S_{p r m}$	一次応力	MPa
$S_t$	ねじりによる応力	MPa
$S_t + S_b$	曲げとねじりによる応力	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定する材料の設計引張強さ	MPa
$t$	管の厚さ	mm
$U$	運転状態 I, II における疲労累積係数	—
$U S_d$	$S_d$ 地震動のみによる疲労累積係数	—
$U S_s$	$S_s$ 地震動のみによる疲労累積係数	—
$Z, Z_i$	管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_b$	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_r$	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\varepsilon_e$	$S_p$ を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、弾性解析により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算した値 $\varepsilon_e = \bar{\sigma}^* / E$ $\bar{\sigma}^*$ ：弾性解析によるミーゼス相当応力	—
$\varepsilon_{e p}$	$S_p$ を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、材料の応力－ひずみ関係として、降伏応力を $S_m$ の 1.5 倍の値とした弾完全塑性体とした弾塑性解析により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算した値 $\varepsilon_{e p} = \bar{\sigma} / E + \bar{\varepsilon}_p$ $\bar{\sigma}$ ：弾塑性解析によるミーゼス相当応力 $\bar{\varepsilon}_p$ ：弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ	—

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-17～表2-22に示すとおりである。

表 2-17 火災感知器の表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
機能維持評価用加速度	×9.8m/s <sup>2</sup>	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
機能確認済加速度	×9.8m/s <sup>2</sup>	—	—	小数点以下第2位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

表2-18 火災受信機盤の表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

表 2-19 ボンベラックの表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位* <sup>1</sup>
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位* <sup>2</sup>	四捨五入	小数点以下第 1 位* <sup>3</sup>
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>4</sup>
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>4</sup>
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>4</sup>
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>5</sup>		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
機能維持評価用加速度		×9.8m/s <sup>2</sup>	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
機能確認済加速度		×9.8m/s <sup>2</sup>	—	—	小数点以下第 2 位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

\*3：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

\*4：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

\*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。



表 2-20 選択弁の表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位* <sup>1</sup>
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位* <sup>2</sup>	四捨五入	小数点以下第 1 位* <sup>3</sup>
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>4</sup>
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>4</sup>
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>4</sup>
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>5</sup>		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
機能維持評価用加速度		×9.8m/s <sup>2</sup>	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
機能確認済加速度		×9.8m/s <sup>2</sup>	—	—	小数点以下第 2 位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

\*3：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

\*4：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

\*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

表 2-21 制御盤（全域ガス消火設備）の表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は，小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

表 2-22 配管（消火設備）の表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	変位量	mm	小数点第 2 位	四捨五入	小数点第 1 位
計算条件	圧力	MPa	小数点第 3 位	四捨五入	小数点第 2 位* <sup>1</sup>
	温度	℃	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	外径	mm	小数点第 2 位	四捨五入	小数点第 1 位
	厚さ	mm	小数点第 2 位	四捨五入	小数点第 1 位
	縦弾性係数	MPa	小数点第 1 位* <sup>2</sup>	四捨五入	整数位* <sup>2</sup>
	質量	kg	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	単位長さ質量	kg/m	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	ばね定数	N/mm	有効桁数 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁
	回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁
	方向余弦	—	小数点第 5 位	四捨五入	小数点第 4 位
	許容応力* <sup>3</sup>	MPa	小数点第 1 位	切捨て	整数位
	減衰定数	%	—	—	小数点第 1 位
解析結果 及び評価	固有周期	s	小数点第 4 位	四捨五入	小数点第 3 位
	震度	—	小数点第 3 位	切上げ	小数点第 2 位
	刺激係数	—	小数点第 4 位	四捨五入	小数点第 3 位
	計算応力	MPa	小数点第 1 位	切上げ	整数位
	許容応力* <sup>2</sup>	MPa	小数点第 1 位	切捨て	整数位
	計算荷重及び反力	kN	小数点第 1 位	切上げ	整数位* <sup>4</sup>
	モーメント	kN・m	小数点第 1 位	切上げ	整数位* <sup>4</sup>
	許容荷重	kN	小数点第 1 位	切捨て	整数位* <sup>4</sup>
	疲労累積係数	—	小数点第 5 位	切上げ	小数点第 4 位
	機能維持評価用 加速度	×9.8m/s <sup>2</sup>	小数点第 3 位	切上げ	小数点第 2 位
	機能確認済加速度	×9.8m/s <sup>2</sup>	—	—	小数点第 2 位

注記\*1：必要に応じて小数点第 3 位表示とする。また、静水頭は「静水頭」と記載する。

\*2：必要に応じて処理桁を有効数字 4 桁、表示桁を有効数字 3 桁とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

\*4：必要に応じて小数点第 1 位表示とする。

### 3. 評価部位

火災防護設備の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、以下について評価を実施する。

#### (1) 火災感知器

##### a. 基礎ボルト及び取付ボルト

火災感知器は、耐震性を有する原子炉建物等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災感知器を固定する基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態  $IV_A S$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

#### (2) 火災受信機盤

##### a. 基礎ボルト及び取付ボルト

火災受信機盤は、耐震性を有する廃棄物処理建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災受信機盤を固定する基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態  $IV_A S$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

#### (3) ボンベラック

##### a. ボンベラック及び基礎ボルト

ボンベラックは、耐震性を有する原子炉建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ボンベラックの構成品であるボンベラック部材及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態  $IV_A S$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(4) 選択弁

a. 選択弁ラック及び基礎ボルト

選択弁ラックは、耐震性を有する原子炉建物等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、選択弁の構成品である選択弁ラック及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態  $IV_A S$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(5) 制御盤（全域ガス消火設備）

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

制御盤（全域ガス消火設備）は、耐震性を有する原子炉建物等に支持構造物を介してボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、制御盤（全域ガス消火設備）を固定する基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態  $IV_A S$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(6) 配管（消火設備）

a. 管及び支持構造物

配管（ケーブルトレイ消火設備を除く。）は、耐震性を有する原子炉建物等に支持構造物を介してボルトで固定し、主要な構造部材が、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、管及び支持構造物の許容限界は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、塑性ひずみを生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態  $IV_A S$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

配管のうちケーブルトレイ消火設備は、配管の自在性を活かすために、配管をUボルトやUバンド等にて支持することなく、パンチングトレイ内に設置することで基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、主要な構造部材が火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

#### 4. 固有周期

火災感知設備及び消火設備の固有周期は、理論式、振動試験（正弦波掃引試験）、3次元FEMモデルによる解析により求める。

#### 5. 構造強度評価

##### 5.1 構造強度評価方法

###### 5.1.1 火災感知器

- (1) 火災感知器及び支持架台又は固定金具の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は火災感知器に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 火災感知器は、取付ボルトにて固定金具又は支持架台に取付けられている。固定金具又は支持架台は、基礎ボルトにて建物躯体部に固定されているため、固定金具又は支持架台と建物躯体部との固定部を固定端とする。
- (4) 天井取付型の火災感知器の転倒方向は、図 5-1 及び図 5-2 における左右方向及び前後方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (5) 壁掛型の火災感知器の転倒方向は、図 5-3 から図 5-5 における左右方向及び前後方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (6) 火災感知器及び固定金具又は支持架台の重心位置については、転倒方向を考慮して、実機での重心位置又は計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

###### 5.1.2 火災受信機盤

火災受信機盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

###### 5.1.3 ボンベラック

- (1) ボンベラックについては、3次元FEMモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。
- (2) ガスボンベは、ボンベラックに固定され、ボンベラックは、基礎ボルトにより建物躯体である壁若しくは床に固定される。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合は剛構造として最大応答加速度の1.2倍の加速度による静的解析を行い、20Hz未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

###### 5.1.4 選択弁

- (1) 選択弁ラックについては、3次元FEMモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

- (2) 選択弁は、集合管に固定され、選択弁ラックは、基礎ボルトにより建物躯体である床に固定される。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合は剛構造として最大応答加速度の1.2倍の加速度による静的解析を行い、20Hz未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 5.1.5 制御盤（全域ガス消火設備）

制御盤（全域ガス消火設備）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

#### 5.1.6 配管（消火設備）

- (1) 配管及び支持構造物の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- (2) ケーブルトレイ消火設備の配管については、配管の自在性を活かした設置方法であり、解析による評価が困難であることから、加振試験を行い、加振試験後の外観検査及び気密試験による健全性の確認及び設置位置での加速度と加振台の最大加速度との比較により、耐震評価を実施する。

耐震評価に用いる設置位置での加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度とし、評価対象フロアは各配管の中で最上階に設置されたフロアを対象とするが、配管は建物壁に支持されていることから、評価対象フロアの上下階のうちいずれか大きい方の応答加速度を適用する。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の種類

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重を用いる。

#### 5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器、配管系の荷重の組合せを用いる。

評価対象部位ごとの荷重の組合せを表5-1に示す。

#### 5.2.3 許容応力

許容限界は、VI-1-1-8の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標に従い、評価対象部位ごとに設定する。

各評価項目の許容限界を表5-2～表5-7に示す。

5.2.4 ボルト許容引張応力

ボルトの許容引張応力 $f_{ts}$ を次式に示す。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.2.4.1)$$

許容引張応力 $f_{to}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$



表 5-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設分類	機器名称	耐震重要度 分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
DB	火災感知器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS
	火災受信機盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS
	ボンベラック	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS
	選択弁	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS
	制御盤 (全域ガス消 火設備)	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS
	配管 (消火設備)	C	クラス3管	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 火災感知器の許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 火災受信機盤の許容限界

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 ボンベラックの許容限界

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (部材)	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (基礎ボルト)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-5 選択弁の許容限界

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (部材)	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (基礎ボルト)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-6 制御盤（全域ガス消火設備）の許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-7 配管（消火設備）の許容限界

許容応力状態	許容限界		
	一次応力 (曲げ応力含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
IVAS	$0.9 \cdot S_u$	$S_s$ 地震動のみによる疲労解析*を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば，疲労解析は行わない。	

注記\*： $2 \cdot S_y$  を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5)（ただし， $S_m$ は  $2/3 \cdot S_y$  と読み替える）の簡易弾塑性解析を用いる。

5.3 設計用地震力

地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づく地震力又はそれを上回る地震力を設定する。

5.4 計算方法

5.4.1 火災感知器①の計算方法

基礎ボルトの応力は、地震力による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断応力について計算する。計算モデルを図5-1に示す。

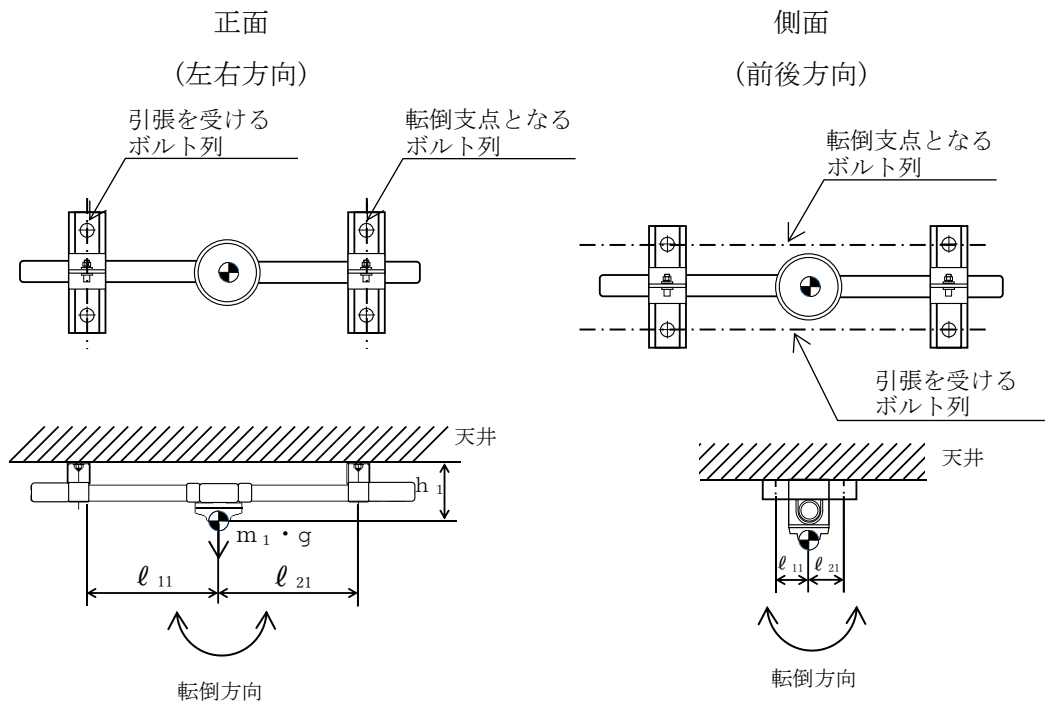


図5-1 火災感知器①の計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-1で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot (1 + C_V) \cdot l_{2i} \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})} \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

ただし、 $F_{bi}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

5.4.2 火災感知器②の計算方法

基礎ボルトの応力は、地震力による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断応力について計算する。計算モデルを図5-2に示す。

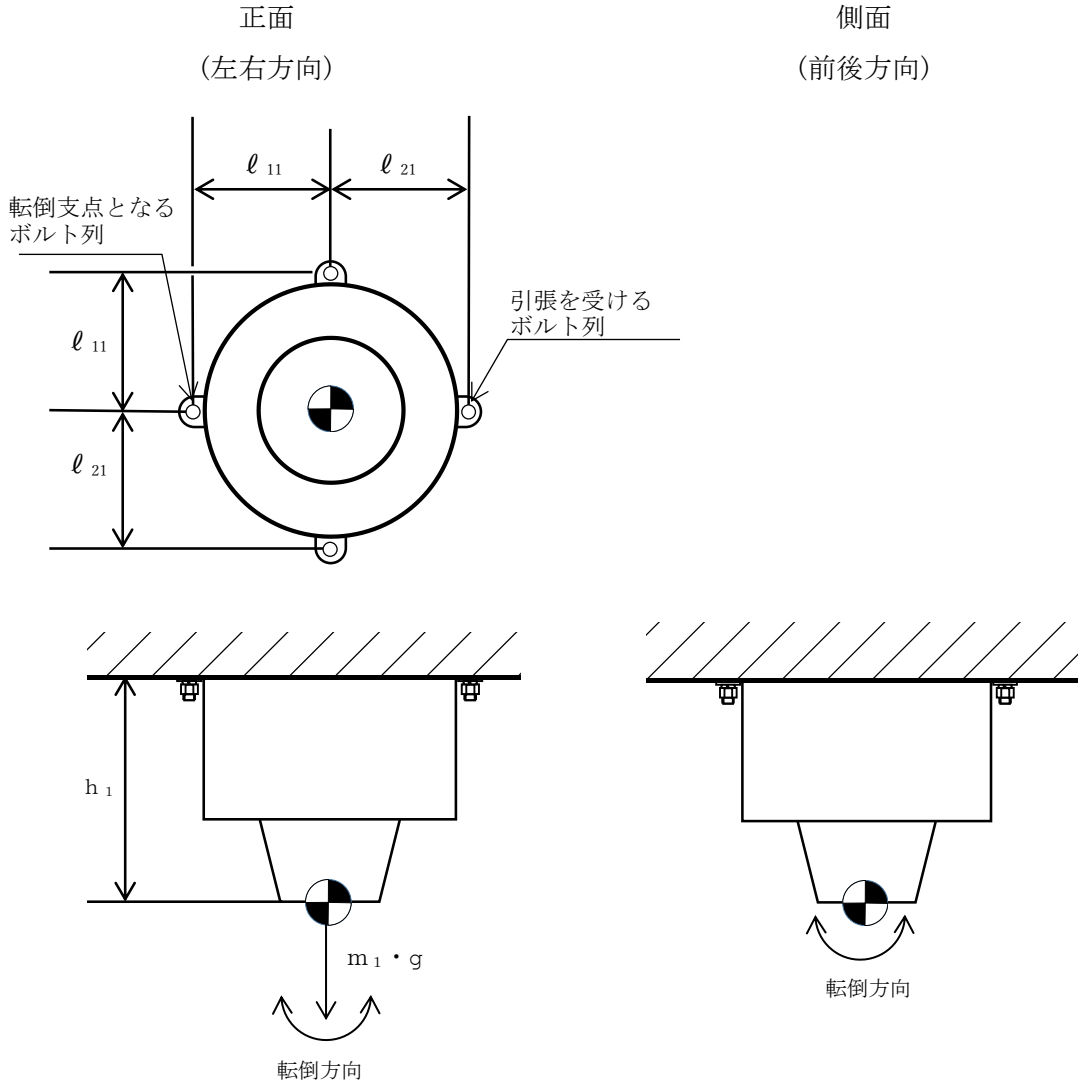


図5-2 火災感知器②の計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b_i} = \frac{m_i \cdot (1 + C_v) \cdot l_{2i} \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{f_i} \cdot (l_{1i} + l_{2i})} \dots\dots\dots (5.4.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (5.4.2.2)$$

ただし、 $F_{b i}$  が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b i} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.2.3)$$

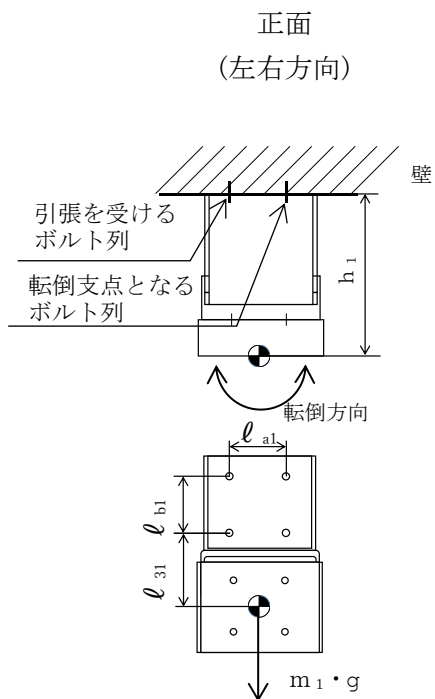
せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} \dots\dots\dots (5.4.2.4)$$

### 5.4.3 火災感知器③の計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は、地震力による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断応力について計算する。計算モデルを図5-3に示す。

基礎ボルト ( $i=1$ )



側面  
(前後方向)

取付ボルト ( $i=2$ )

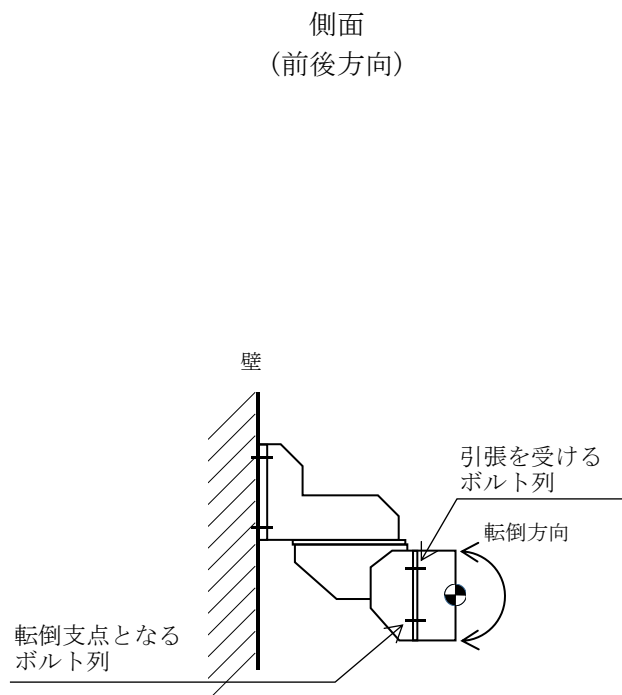
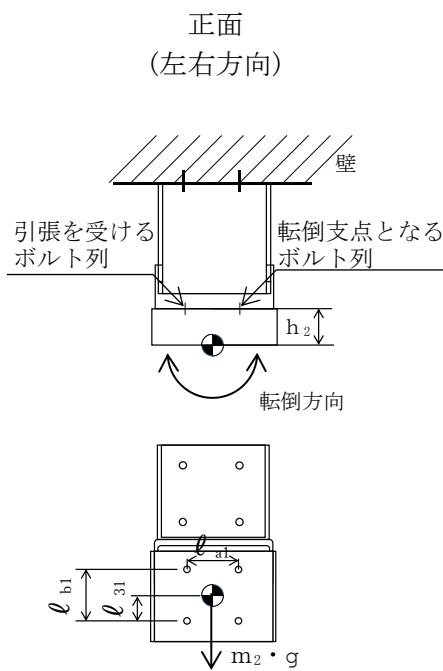


図5-3 火災感知器③の計算モデル



(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-3で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1+Cv) \cdot h_i \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{bi}} + \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fHi} \cdot \ell_{ai}} \dots\dots\dots (5.4.3.1)$$

$$F_{b2i} = \frac{m_i \cdot (1+Cv) \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot \ell_{3i} \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.3.2)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{b1i}, F_{b2i}) \dots\dots\dots (5.4.3.3)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.3.4)$$

ただし、 $F_{bi}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1i} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.3.5)$$

$$Q_{b2i} = m_i \cdot (1+Cv) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.3.6)$$

$$Q_{bi} = \sqrt{(Q_{b1i})^2 + (Q_{b2i})^2} \dots\dots\dots (5.4.3.7)$$

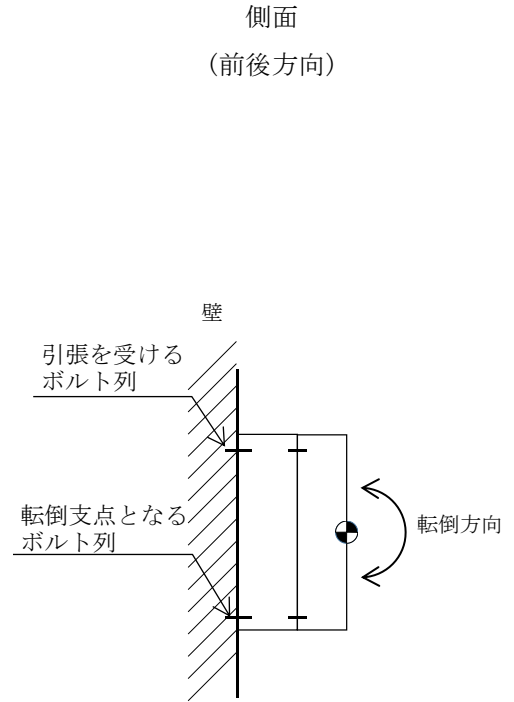
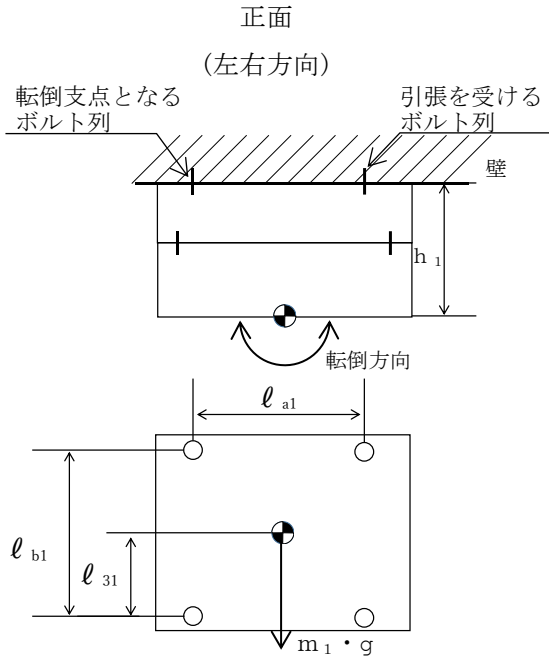
せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.3.8)$$

5.4.4 火災感知器④の計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は、地震力による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-4に示す。

基礎ボルト (  $i = 1$  )



取付ボルト (  $i = 2$  )

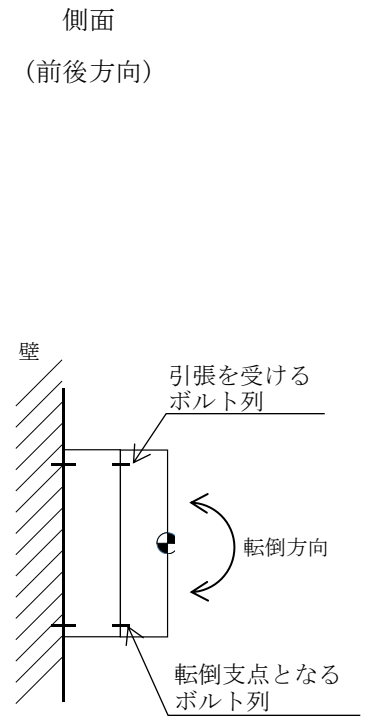
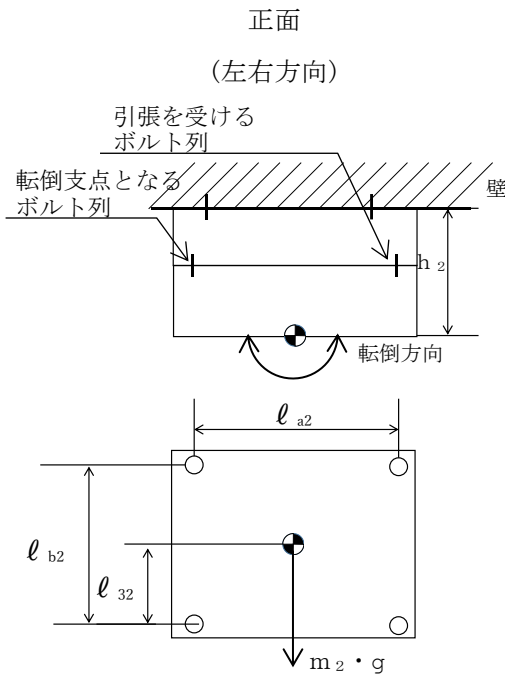


図5-4 火災感知器④の計算モデル

## (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-4で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1+Cv) \cdot h_i \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{bi}} + \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fHi} \cdot \ell_{ai}} \dots\dots\dots (5.4.4.1)$$

$$F_{b2i} = \frac{m_i \cdot (1+Cv) \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot \ell_{3i} \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.4.2)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{b1i}, F_{b2i}) \dots\dots\dots (5.4.4.3)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.4.4)$$

ただし、 $F_{bi}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

## (2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

$$Q_{b1i} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.4.5)$$

$$Q_{b2i} = m_i \cdot (1+Cv) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.4.6)$$

$$Q_{bi} = \sqrt{(Q_{b1i})^2 + (Q_{b2i})^2} \dots\dots\dots (5.4.4.7)$$

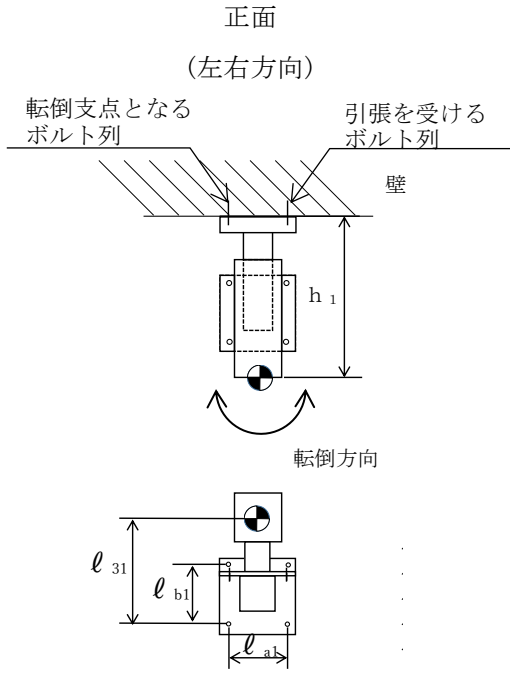
せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.4.8)$$

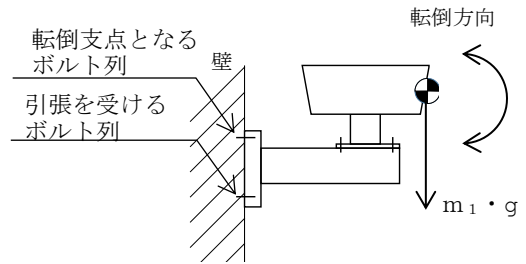
5.4.5 火災感知器⑤の計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は、地震力による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断応力について計算する。計算モデルを図5-5に示す。

基礎ボルト (  $i = 1$  )



側面  
(前後方向)



取付ボルト (  $i = 2$  )

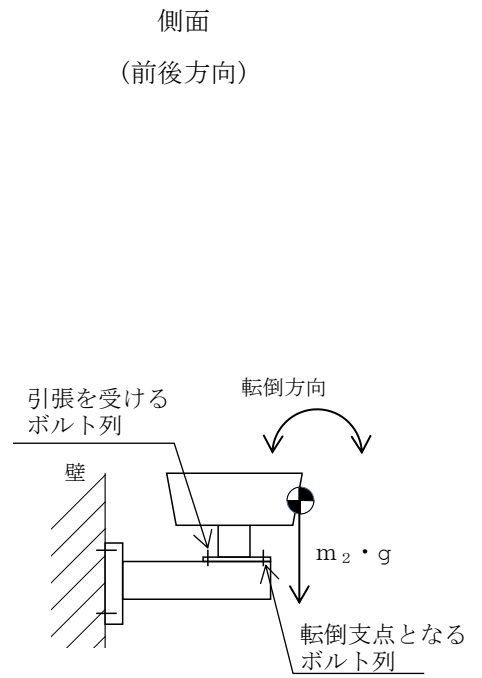
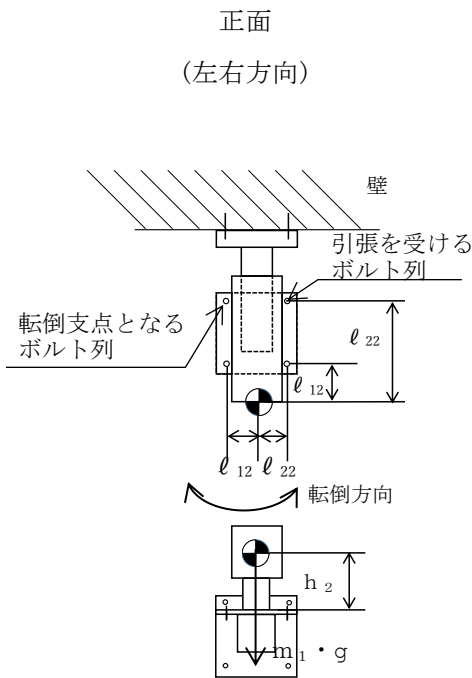


図5-5 火災感知器⑤の計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-5で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

基礎ボルト (i=1) の引張力

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1+C_v) \cdot h_i \cdot g}{n_{fv_i} \cdot \ell_{bi}} + \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fHi} \cdot \ell_{ai}} \dots\dots\dots (5.4.5.1)$$

$$F_{b2i} = \frac{m_i \cdot (1+C_v) \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot \ell_{3i} \cdot g}{n_{fv_i} \cdot \ell_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.5.2)$$

$$F_{bi} = \text{Max}(F_{b1i}, F_{b2i}) \dots\dots\dots (5.4.5.3)$$

取付ボルト (i=2) の引張力

(重心がボルト間の外にある場合)

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1+C_v) \cdot \ell_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{2i} - \ell_{1i})} \dots\dots\dots (5.4.5.4)$$

(重心がボルト間の内にある場合)

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1+C_v) \cdot \ell_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{2i} + \ell_{1i})} \dots\dots\dots (5.4.5.5)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.5.6)$$

ただし、 $F_{bi}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

基礎ボルト (i=1) のせん断力

$$Q_{b1i} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.5.7)$$

$$Q_{b2i} = m_i \cdot (1+C_v) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.5.8)$$

$$Q_{bi} = \sqrt{(Q_{b1i})^2 + (Q_{b2i})^2} \dots\dots\dots (5.4.5.9)$$

取付ボルト ( i =2) のせん断力

$$Q_{b i} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.5.10)$$

せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} \dots\dots\dots (5.4.5.11)$$

5.4.6 火災受信機盤の計算方法

火災受信機盤の計算方法は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

5.4.7 ボンベラックの計算方法

ボンベラックについては、3次元FEMモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.2 評価対象設備」の表2-3に示すとおり、容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定し、ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ボンベラック及び基礎ボルト、それぞれに対し構造強度評価を実施する。

(1) ボンベラックの構造強度評価

a. ボンベラック部材に発生する組合せ応力の算出

地震応答解析結果から求めたボンベラック部材の軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりボンベラックの組合せ応力を算出する。

軸応力

$$\sigma_t = \frac{F_{tm}}{A} \quad \dots\dots\dots (5.4.7.1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_y} + \frac{M_y}{Z_x} \quad \dots\dots\dots (5.4.7.2)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{F_x}{A_{sx}} + \frac{F_y}{A_{sy}} + \frac{T \cdot t}{J} \quad \dots\dots\dots (5.4.7.3)$$

ボンベラックの組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.7.4)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \sigma_t + \sigma_b \quad \dots\dots\dots (5.4.7.5)$$

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{tb}}{A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.7.6)$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.7.7)$$

5.4.8 選択弁ラックの計算方法

選択弁ラックについては、3次元FEMモデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.2 評価対象設備」の表2-4に示すとおり、選択弁を取り付けた集合管を選択弁ラックに固定し、選択弁ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、選択弁ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し構造強度評価を実施する。

(1) 選択弁ラックの構造強度評価

a. 選択弁ラック部材に発生する組合せ応力の算出

地震応答解析結果から求めた選択弁ラック部材の軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式により選択弁ラックの組合せ応力を算出する。

軸応力

$$\sigma_t = \frac{F_{tm}}{A} \quad \dots\dots\dots (5.4.8.1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_y} + \frac{M_y}{Z_x} \quad \dots\dots\dots (5.4.8.2)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{F_x}{A_{sx}} + \frac{F_y}{A_{sy}} + \frac{T \cdot t}{J} \dots\dots\dots (5.4.8.3)$$

選択弁ラックの組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.8.4)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \sigma_t + \sigma_b \dots\dots\dots (5.4.8.5)$$

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{tb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.8.6)$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.8.7)$$

5.4.9 制御盤（全域ガス消火設備）の計算方法

制御盤（全域ガス消火設備）の計算方法は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

5.4.10 配管（消火設備）の計算方法

配管（消火設備）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。（ケーブルトレイ消火設備の配管については、配管の自在性を活かした設置方法であり、解析による評価が困難であるため加振試験により耐震評価を行う。）

6. 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能及び電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度を設定する。



機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

#### 6.1 火災感知器

火災感知器は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

#### 6.2 火災受信機盤

火災受信機盤は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

#### 6.3 ボンベラック

ボンベラックのうち容器弁は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

#### 6.4 選択弁

選択弁は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度又は配管の応答解析により定まる選択弁の応答加速度のいずれか大きい値を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

#### 6.5 制御盤（全域ガス消火設備）

制御盤（全域ガス消火設備）は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較によ

り，地震時又は地震後の電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は，VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき，基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし，個別計算書にその旨を記載する。

VI-2-別添 1-2 火災感知設備の耐震性についての計算書

VI-2-別添 1-2-1 火災感知器の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 構造計画.....	1
3. 固有周期 .....	7
3.1 固有周期の確認方法.....	7
3.2 固有周期の確認結果.....	7
3.3 設計用地震力.....	8
4. 構造強度評価 .....	8
4.1 構造強度評価方法.....	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力状態.....	8
4.3 計算条件.....	8
5. 機能維持評価 .....	11
5.1 電氣的機能維持評価方法.....	11
6. 評価結果 .....	12

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の基本方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）に示すとおり、火災感知器が基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を維持することを説明するものである。

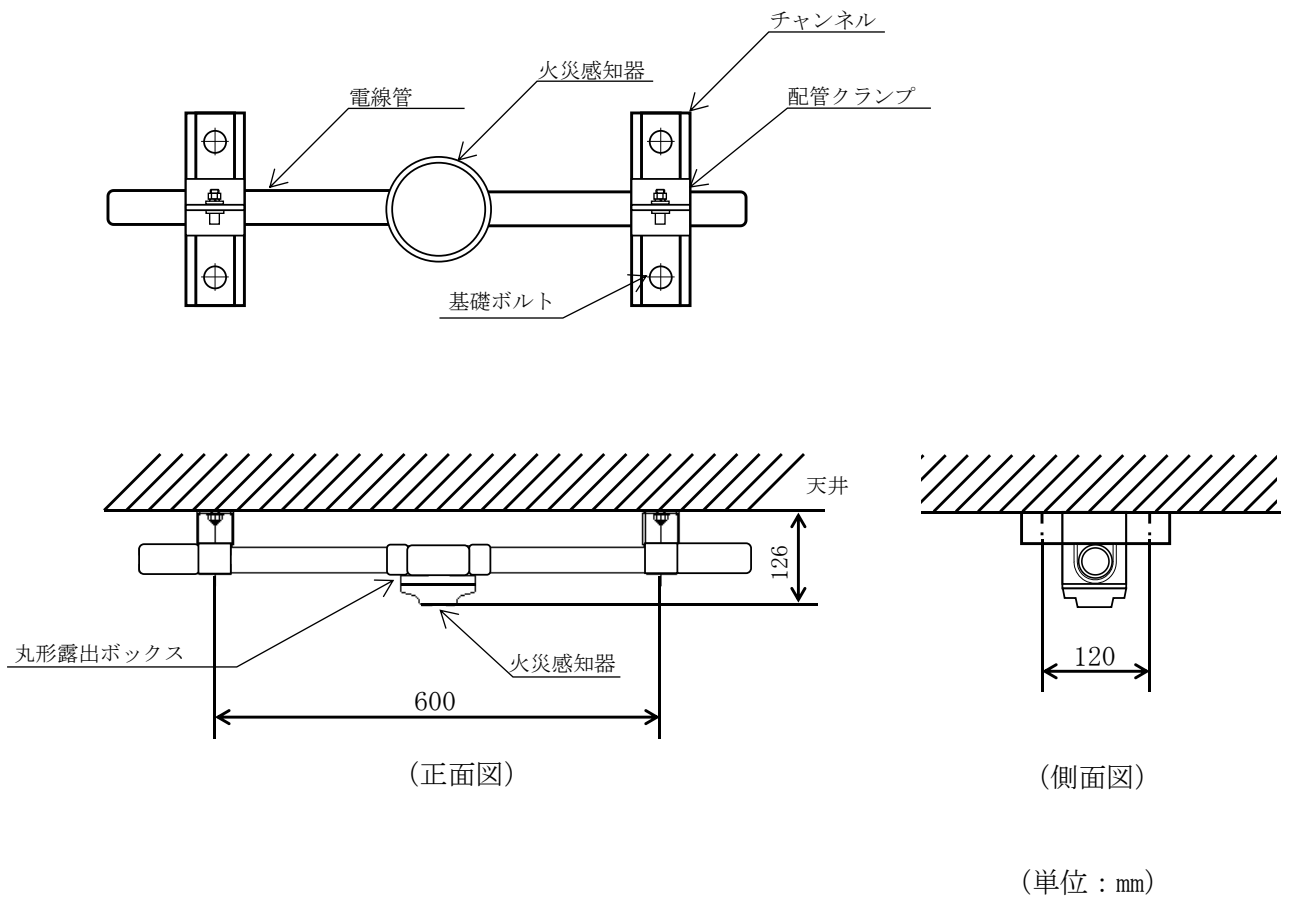
## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

火災感知器の構造計画を表 2-1～表 2-5 に示す。

表 2-1 火災感知器①の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器①は、丸形露出ボックスに取り付け、丸形露出ボックスに接続された電線管を配管クランプにてチャンネルに固定する。チャンネルは、基礎ボルトにて天井に固定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・煙感知器</li> <li>・熱感知器</li> </ul>	図 2-1

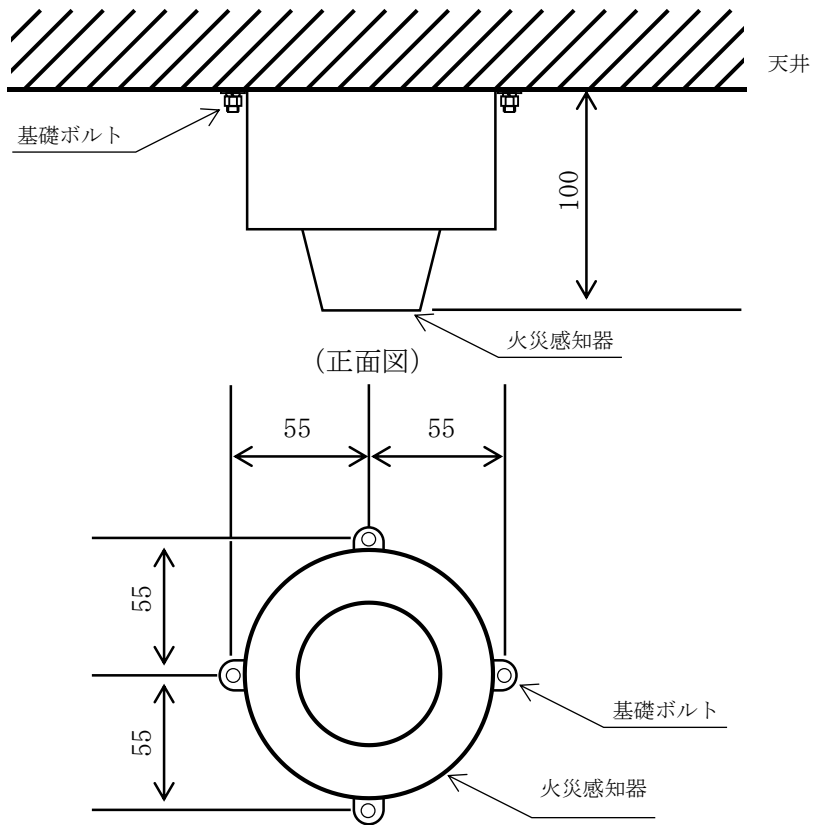


機器名称	質量 (kg)
煙感知器	0.125
熱感知器	0.137

図 2-1 火災感知器①の概要図

表 2-2 火災感知器②の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器②は、基礎ボルトにて、天井に固定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・煙感知器(防爆)</li> <li>・熱感知器(防爆)</li> </ul>	図 2-2



(単位：mm)

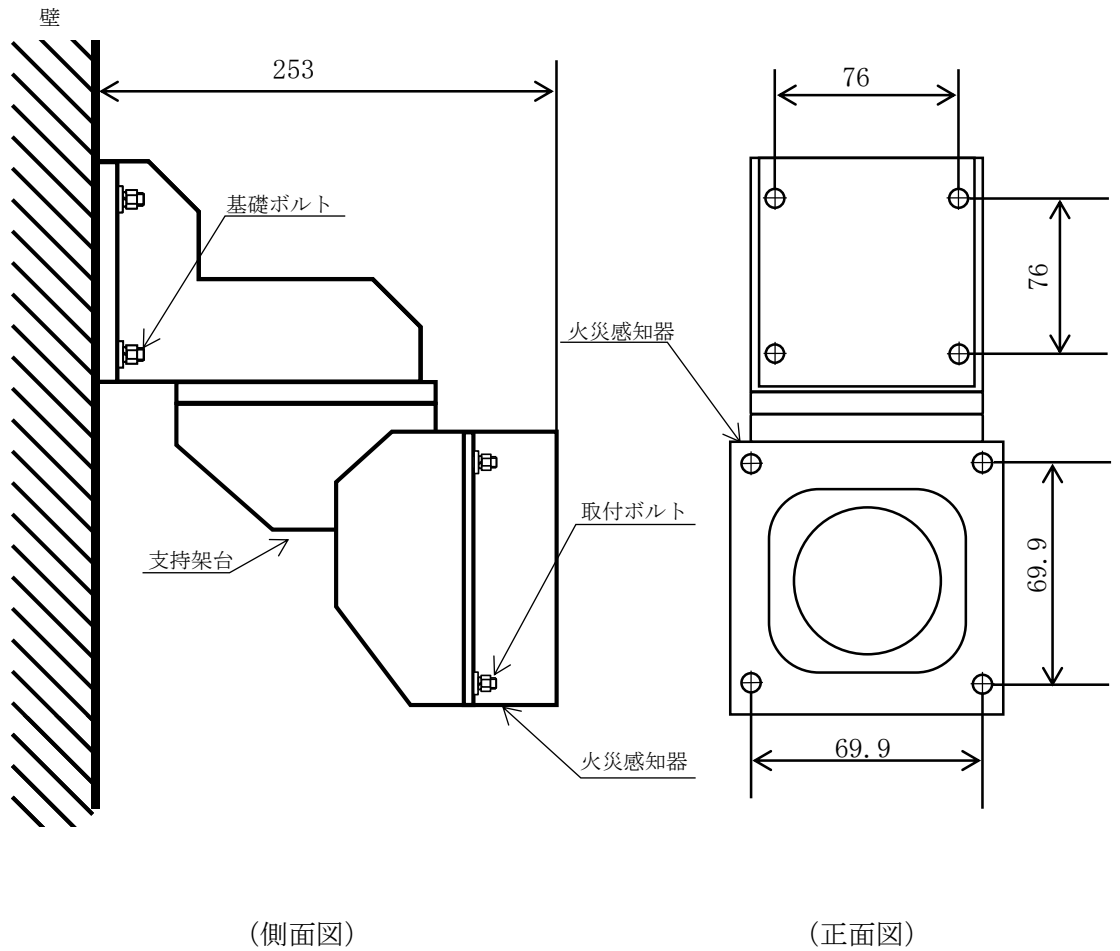
機器名称	質量 (kg)
煙感知器 (防爆)	3.0
熱感知器 (防爆)	2.5

図 2-2 火災感知器②の概要図



表 2-3 火災感知器③の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器③は、取付ボルトにて支持架台に取付け、支持架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	・炎感知器	図 2-3



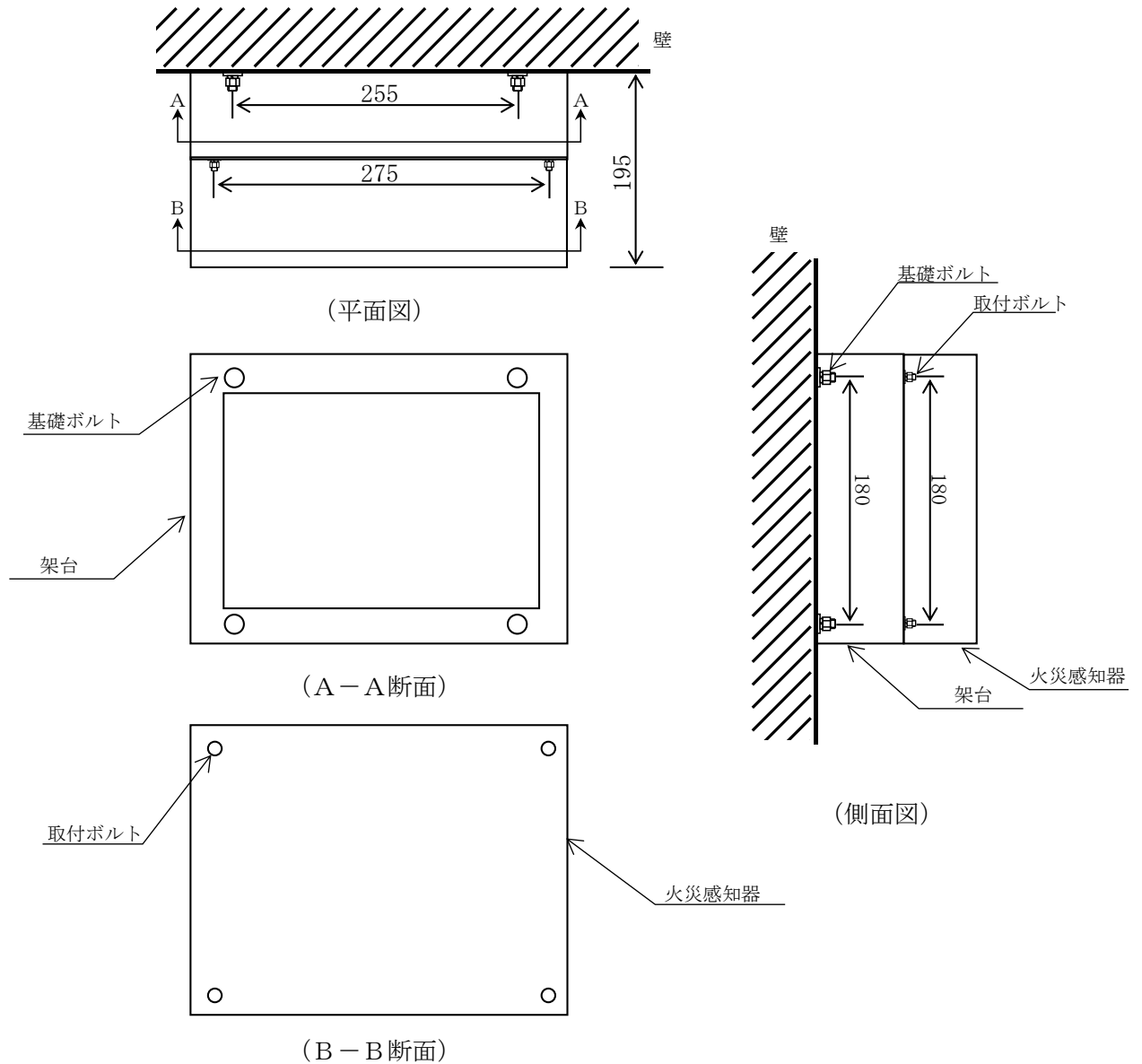
(単位：mm)

機器名称	質量 (kg)
炎感知器	0.65

図 2-3 火災感知器③の概要図

表 2-4 火災感知器④の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器④は、取付ボルトにて架台に取付け、架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	・煙吸引式検出設備	図 2-4



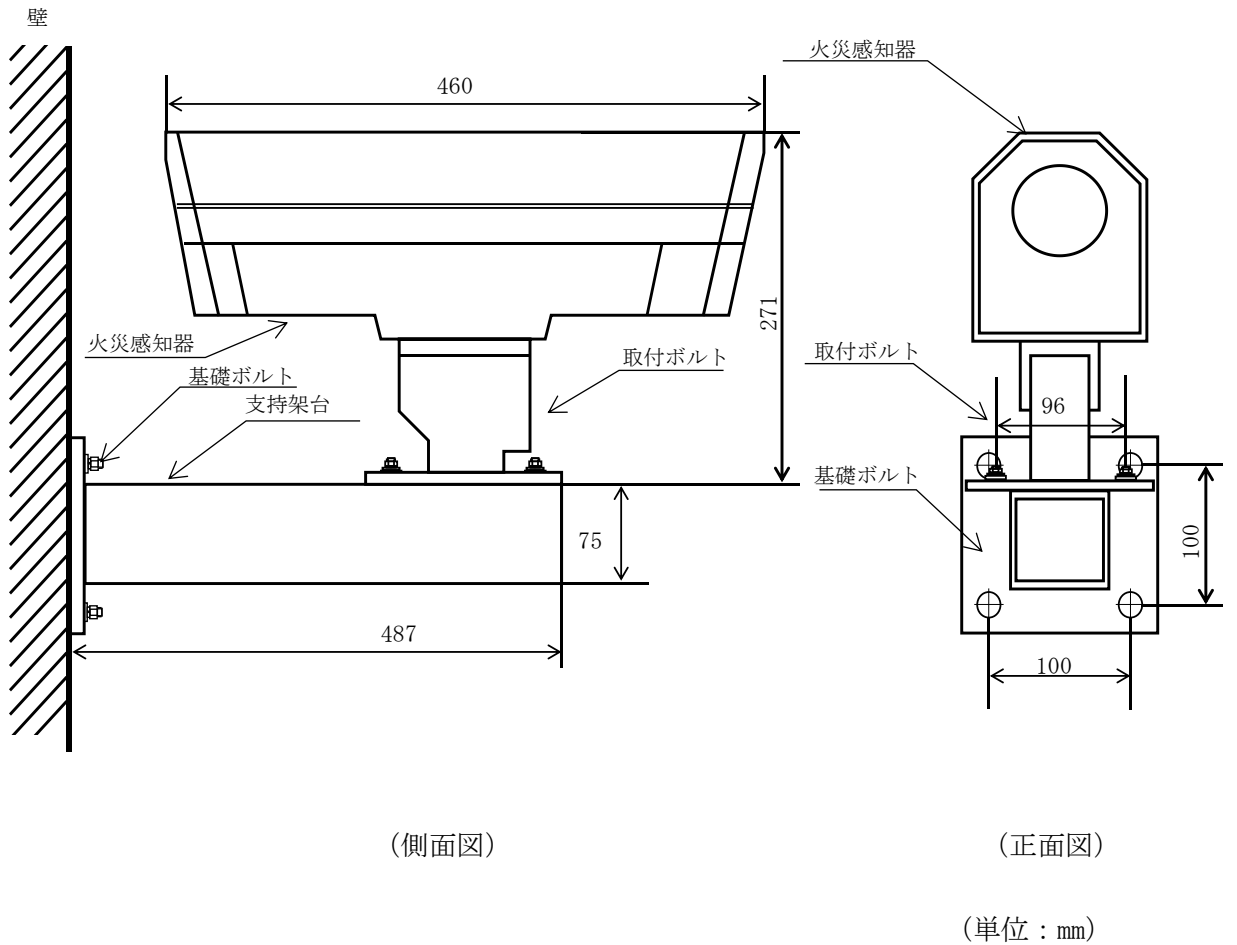
(単位：mm)

機器名称	質量 (kg)
煙吸引式検出設備	2.0

図 2-4 火災感知器④の概要図

表 2-5 火災感知器⑤の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災感知器⑤は、取付ボルトにて支持架台に取付け、支持架台を基礎ボルトにて壁に固定する。		図 2-5



機器名称	質量 (kg)
熱感知カメラ	5.0

図 2-5 火災感知器⑤の概要図

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認方法

火災感知器の固有周期は、VI-2-別添 1-1 の「4. 固有周期」に示す算出方法に基づき、理論式又は振動試験（正弦波掃引試験）の結果算定された固有周期を使用する。

#### 3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

火災感知器の固有周期は、火災感知器①～⑤共に 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表3-1 固有周期

(単位：s)

機器名称	方 向	固有周期
火災感知器①	水平	0.028* <sup>1</sup>
	鉛直	0.030 以下* <sup>1</sup>
火災感知器②	水平	0.020 以下* <sup>2</sup>
	鉛直	0.020 以下* <sup>2</sup>
火災感知器③	水平	0.020 以下* <sup>2</sup>
	鉛直	0.020 以下* <sup>2</sup>
火災感知器④	水平	0.020 以下* <sup>2</sup>
	鉛直	0.020 以下* <sup>2</sup>
火災感知器⑤	水平	0.023* <sup>2</sup>
	鉛直	0.020 以下* <sup>2</sup>

注記\*1：理論式により算出

\*2：振動試験（正弦波掃引試験）により算出

### 3.3 設計用地震力

火災感知器の評価に用いる「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 構造強度評価方法

火災感知器の構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 の「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 1-1 の「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する

#### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を火災受信機盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

火災感知器の基礎ボルト及び取付ボルトにおける許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。また、基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の以下項目の設計条件及び機器要目に示す。

【火災感知器①の耐震性についての計算結果】

【火災感知器②の耐震性についての計算結果】

【火災感知器③の耐震性についての計算結果】

【火災感知器④の耐震性についての計算結果】

【火災感知器⑤の耐震性についての計算結果】

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他 発電用原子炉 の附属施設	火災 防護設備	火災感知器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SWRCH8A*	周囲環境温度	40	235	400	—
取付ボルト	SS400	周囲環境温度	40	235	400	—
	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	—

注記\* : SS400 相当 (16mm < 径 ≤ 40mm)

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

火災感知器はVI-2-別添 1-1 の「6. 機能維持評価」に示す評価方法に従い、機能維持評価を実施する。

火災感知器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、正弦波加振試験又はサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
火災感知器①	水平	7.0
	鉛直	4.0
火災感知器②	水平	7.0
	鉛直	4.0
火災感知器③	水平	6.0
	鉛直	3.0
火災感知器④	水平	6.0
	鉛直	3.0
火災感知器⑤	水平	7.3
	鉛直	1.6



## 6. 評価結果

火災感知器の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を維持することを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【火災感知器①の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災感知器①	C	第1ベントフィルタ格納槽*1 EL 17.4*2	0.028	0.030以下	—	—	C <sub>H</sub> =4.20*3	C <sub>V</sub> =4.83*4	40

注記\*1：最も設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる応答加速度を用いる。

\*2：基準床レベルを示す。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

\*4：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る加速度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	5	126	10 (M10)	78.54	4	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	60	60	2	—	280	—	左右方向
	300	300	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	179.6	—	205.9

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=128$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

14

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

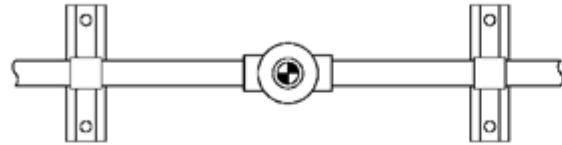
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
火災感知器①	水平方向	2.40*	7.0
	鉛直方向	3.08*	4.0

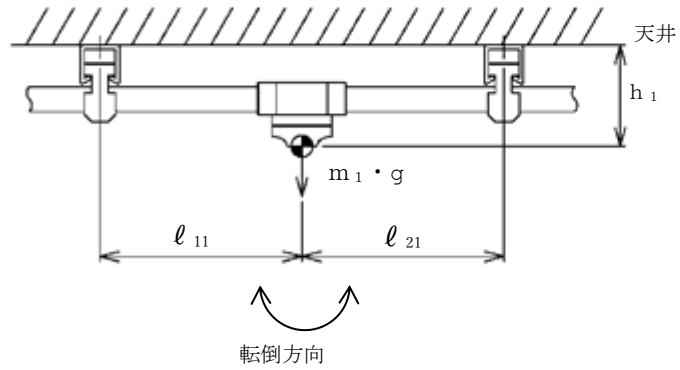
注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

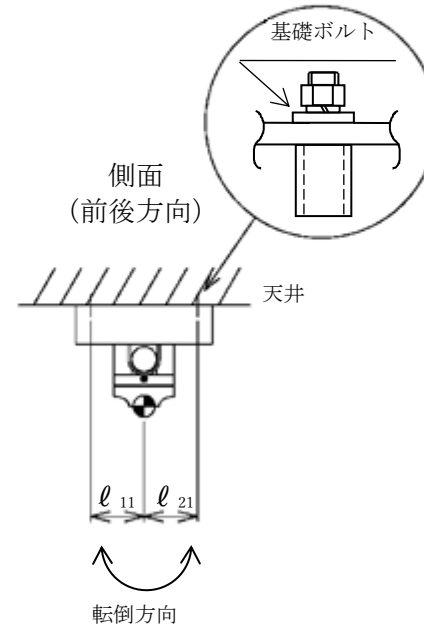
火災感知器①



正面  
(左右方向)



側面  
(前後方向)



【火災感知器②の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)		固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災感知器②	C	B-ディーゼル燃料 貯蔵タンク格納槽*1 EL 18.3*3	B-ディーゼル燃料 貯蔵タンク格納槽*2 EL 15.3*3	0.020以下	0.020以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.57*4	C <sub>V</sub> =4.29*4	40

注記\*1：最も水平方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S s により定まる応答加速度を用いる。

\*2：最も鉛直方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S s により定まる応答加速度を用いる。

\*3：基準床レベルを示す。

\*4：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	4	100	6 (M6)	28.27	4	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	55	55	1	—	280	—	左右方向/前後方向
	55	55	1				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	231.1	—	140.0

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=9$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=128$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

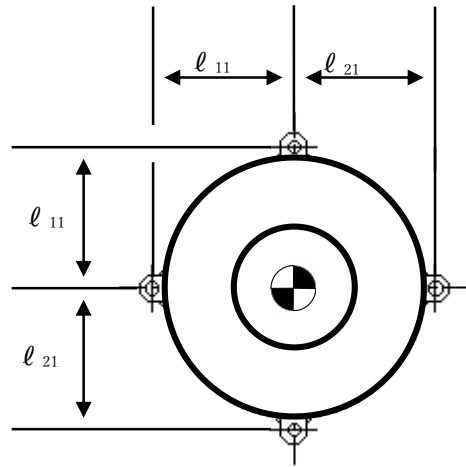
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災感知器②	水平方向	2.97	7.0
	鉛直方向	3.57	4.0

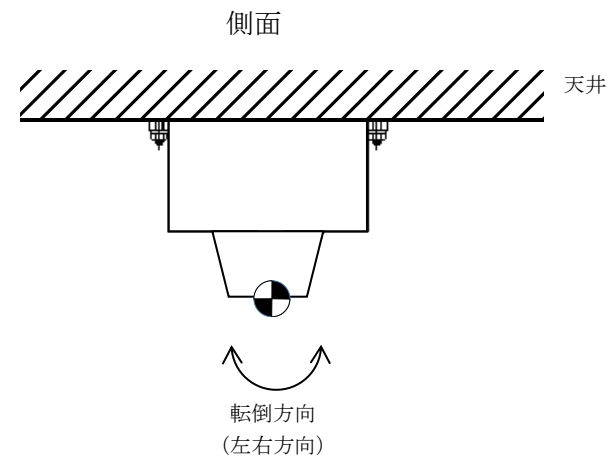
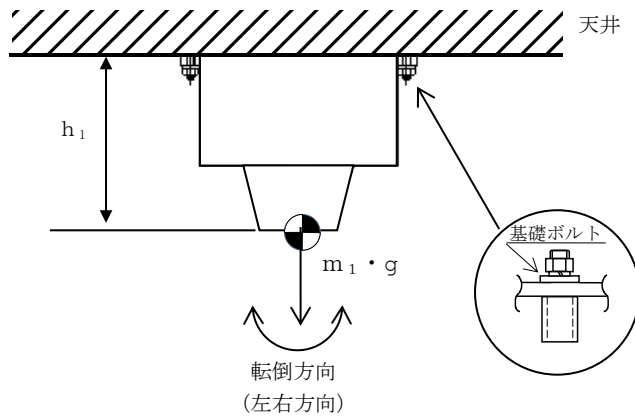
注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

火災感知器②



正面



S2 補 VI-2-別添 1-2-1 R1

【火災感知器③の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)		固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災感知器③	C	ガスタービン 発電機建物*1 EL 54.5 (EL 61.5*3)	原子炉建物*2 EL 42.8 (EL 51.7*3)	0.020以下	0.020以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.72*4	C <sub>V</sub> =2.46*4	40

注記\*1：最も水平方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる応答加速度を用いる。

\*2：最も鉛直方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる応答加速度を用いる。

\*3：基準床レベルを示す。

\*4：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	7	253	8 (M8)	50.27	4	235 (16mm<径≦40mm)	400
取付ボルト (i=2)	2	87	5 (M5)	19.63	4	205	520

部材	l <sub>a i</sub> * (mm)	l <sub>b i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	76	76	84.50	2	2	—	280	—	左右方向
	76	76	84.50	2	—				
取付ボルト (i=2)	69.9	69.9	34.95	2	2	—	205	—	左右方向
	69.9	69.9	34.95	2	—				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。



S2 補 VI-2-別添 1-2-1 R1

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	820.4	—	348.7
取付ボルト (i=2)	—	87.64	—	99.64

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=17$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=128$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=117$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

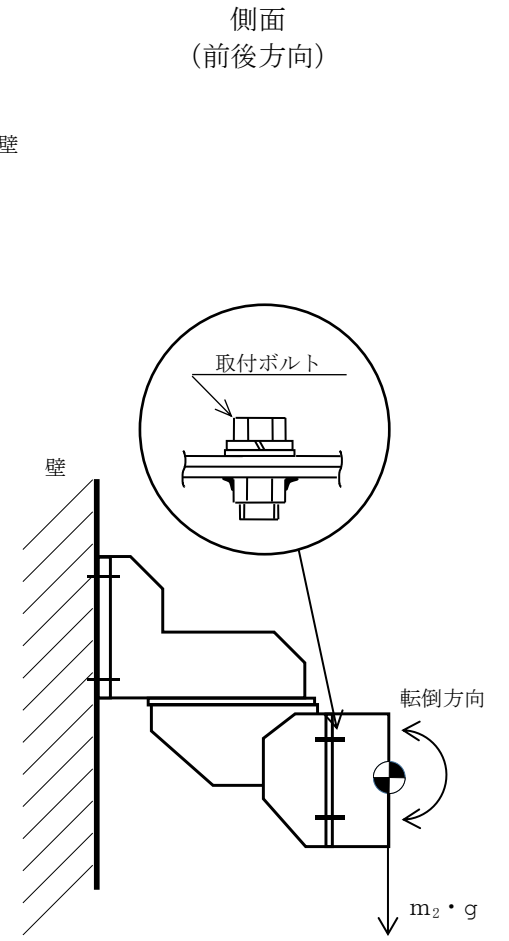
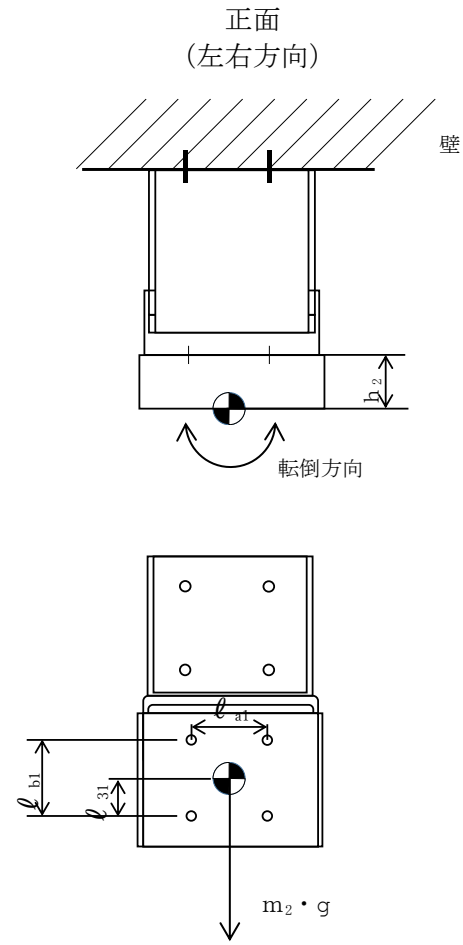
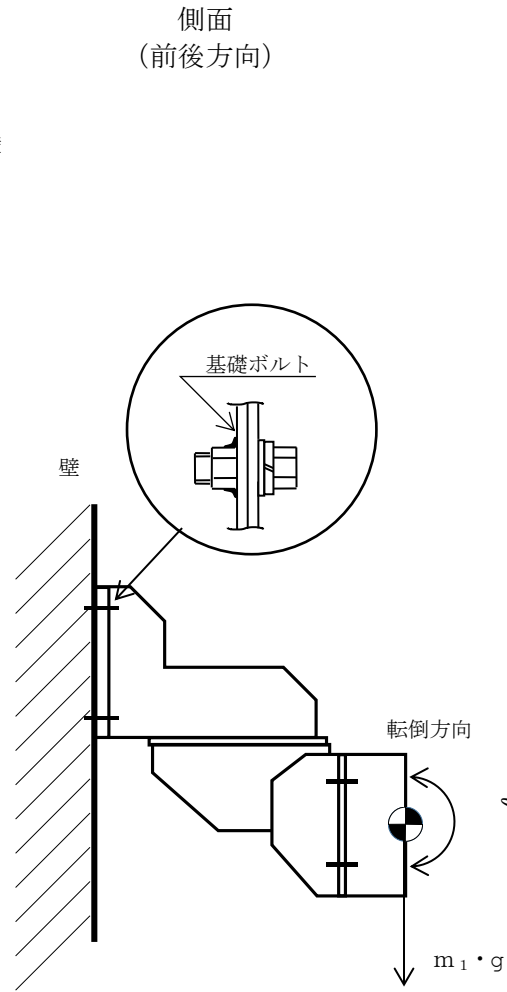
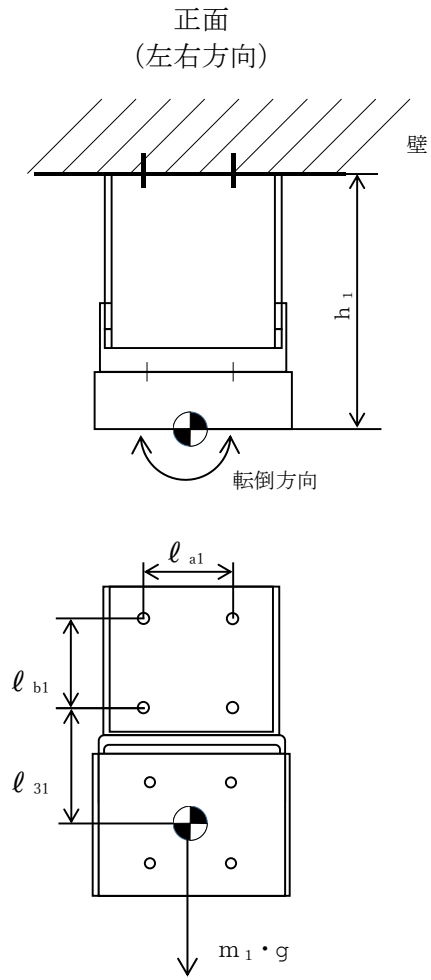
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災感知器③	水平方向	3.11	6.0
	鉛直方向	2.06	3.0

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

火災感知器③



S2 補 VI-2-別添 1-2-1 R1

【火災感知器④の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災感知器④	C	原子炉建物*1 EL 15.3 (EL 23.8*2)	0.020以下	0.020以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.73*3	C <sub>V</sub> =2.07*3	40

注記\*1：最も設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる応答加速度を用いる。

\*2：基準床レベルを示す。

\*3：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	11	195	8 (M8)	50.27	4	235 (16mm<径≦40mm)	400
取付ボルト (i=2)	3	95	6 (M6)	28.27	4	235 (16mm<径≦40mm)	400

部材	l <sub>a i</sub> * (mm)	l <sub>b i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	255	180	90	2	2	—	280	—	前後方向
	255	180	90	2	—				
取付ボルト (i=2)	275	180	90	2	2	—	280	—	前後方向
	275	180	90	2	—				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

S2 補 VI-2-別添 1-2-1 R1

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	250.7	—	380.1
取付ボルト (i=2)	—	36.56	—	103.7

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=128$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=160$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

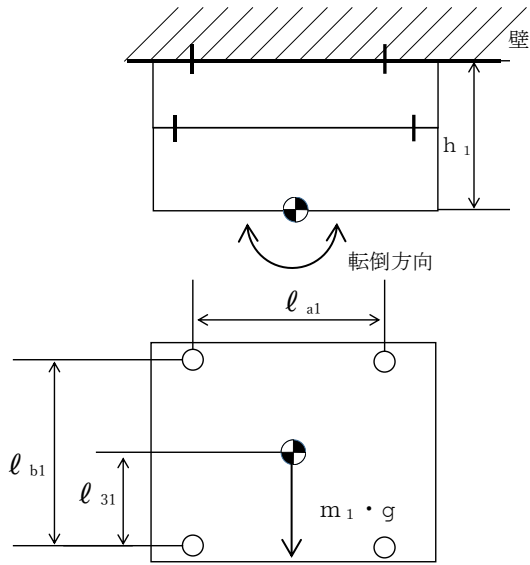
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災感知器④	水平方向	1.44	6.0
	鉛直方向	1.73	3.0

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

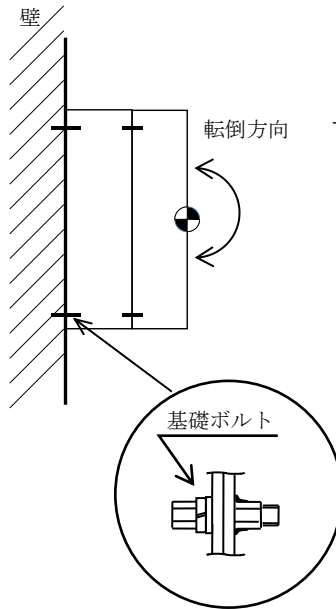
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

火災感知器④

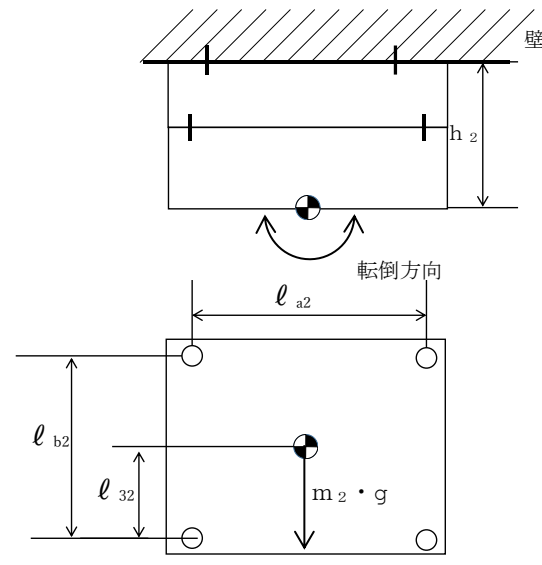
正面  
(左右方向)



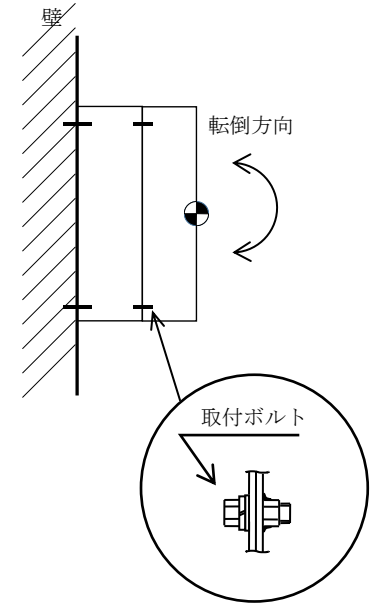
側面  
(前後方向)



正面  
(左右方向)



側面  
(前後方向)



【火災感知器⑤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災感知器⑤	C	ガスタービン発電機建物*1 EL 54.5 (EL 61.5*2)	0.023	0.020以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.72*3	C <sub>V</sub> =1.47*3	40

注記\*1：最も設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S s により定まる応答加速度を用いる。

\*2：基準床レベルを示す。

\*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	17	624	10 (M10)	78.54	4	235 (16mm<径≦40mm)	400
取付ボルト (i=2)	8	191	6 (M6)	28.27	4	235 (16mm<径≦40mm)	400

部材	l <sub>a i</sub> * (mm)	l <sub>b i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> * (mm)	n <sub>f H i</sub> * (mm)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	100	100	285	2	2	—	280	—	左右方向
	100	100	285	2	—				

部材	l <sub>1 i</sub> *1 (mm)	l <sub>2 i</sub> *1 (mm)	n <sub>f i</sub> *1 (mm)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	48	48	2	—	280	—	左右方向
	202	258	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	3.220×10 <sup>3</sup>	—	744.4
取付ボルト (i=2)	—	847.2	—	291.8

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=42$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=128$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=160$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

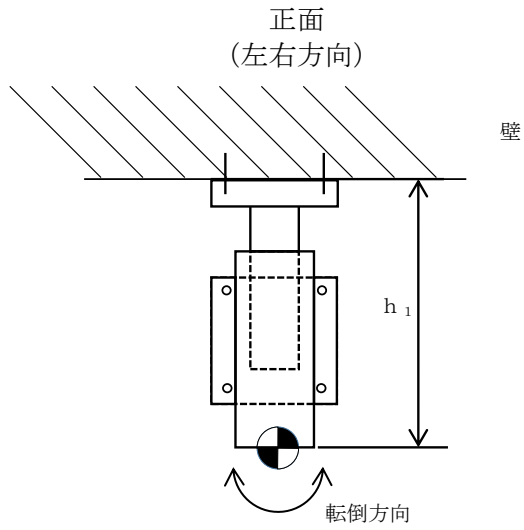
(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災感知器⑤	水平方向	3.11	7.3
	鉛直方向	1.22	1.6

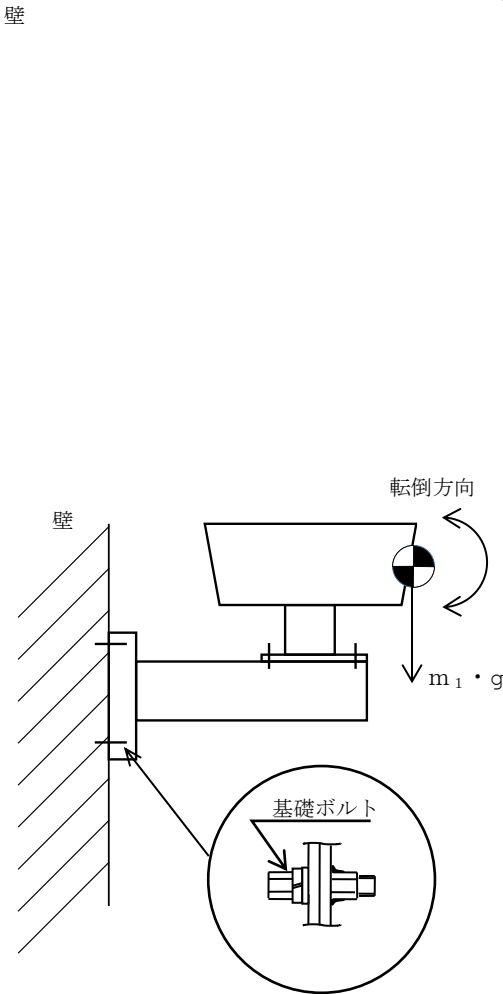
注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

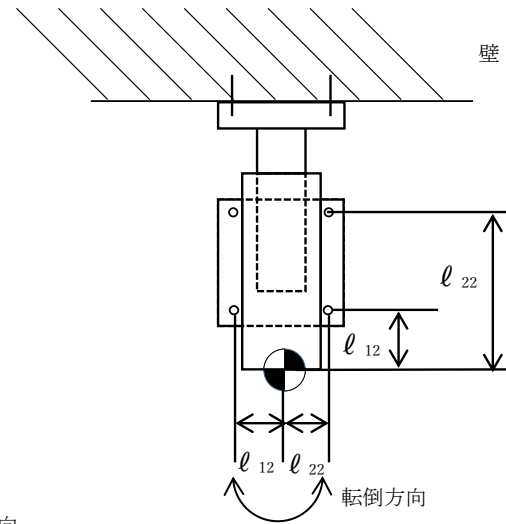
火災感知器⑤



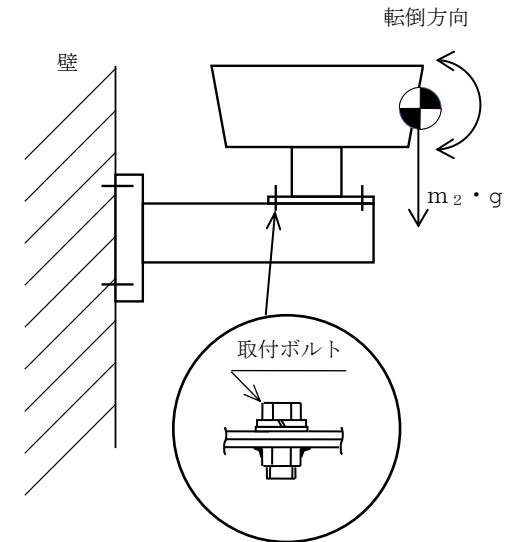
側面  
(前後方向)



正面  
(左右方向)



側面  
(前後方向)





## VI-2-別添 1-2-2 火災受信機盤の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 構造計画.....	1
3. 固有周期 .....	5
3.1 固有周期の確認方法.....	5
3.2 固有周期の確認結果.....	5
3.3 設計用地震力.....	6
4. 構造強度評価 .....	6
4.1 構造強度評価方法.....	6
4.2 荷重の組合せ及び許容応力.....	6
4.3 計算条件.....	6
5. 機能維持評価 .....	9
5.1 電氣的機能維持評価方法.....	9
6. 評価結果 .....	10

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の基本方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）に示すとおり、火災受信機盤が基準地震動 $S_s$ による地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を維持することを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 構造計画

火災受信機盤の構造計画を表 2-1～表 2-3 に、火災受信機盤の概要図を図 2-1～図 2-3 に示す。

表 2-1 火災受信機盤①の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤①は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を 組み合わせた自立 閉鎖型の盤)	図 2-1

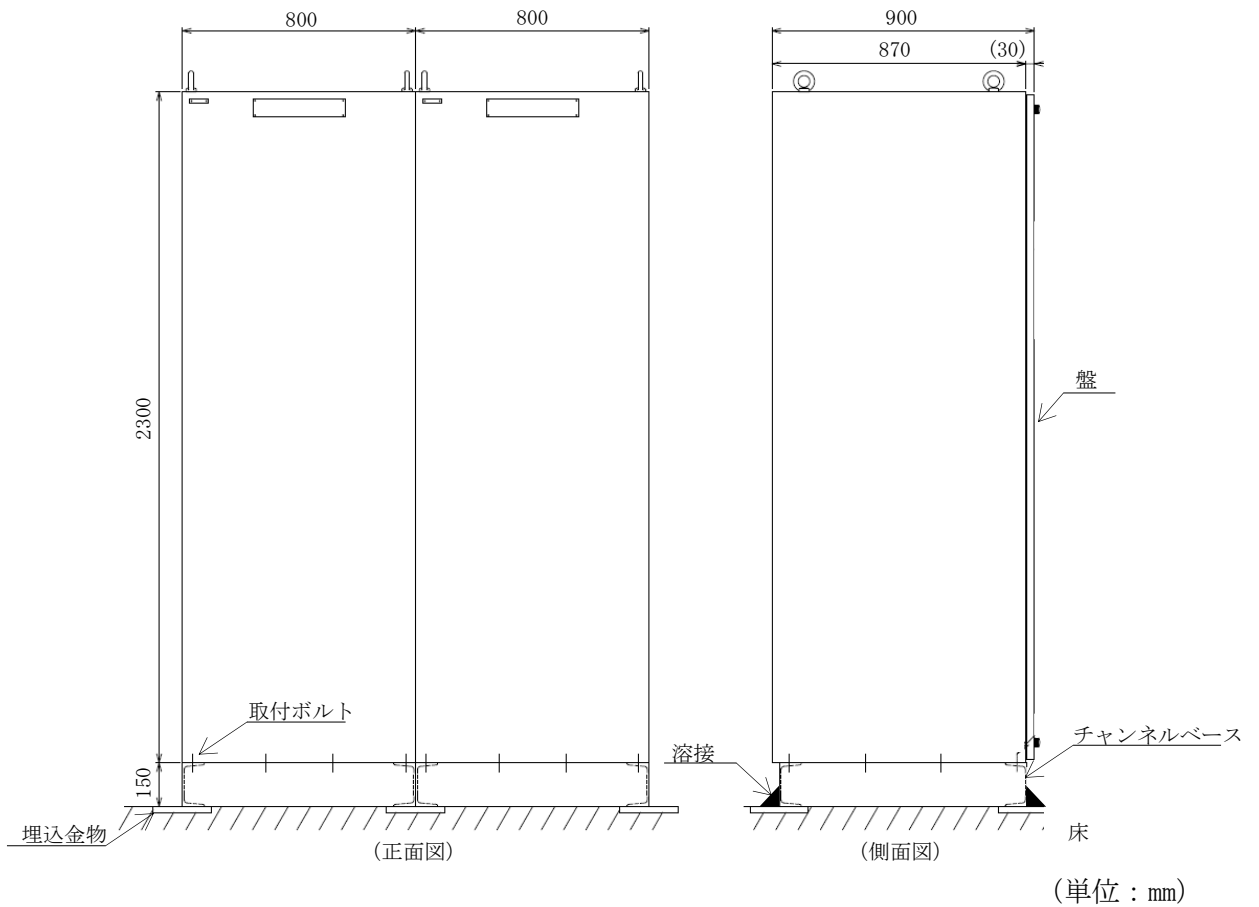


図 2-1 火災受信機盤①の概要図

表 2-2 火災受信機盤②の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤②は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎架台に固定され、基礎架台は基礎ボルトにて基礎に設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を 組み合わせた自立 閉鎖型の盤)	図 2-2

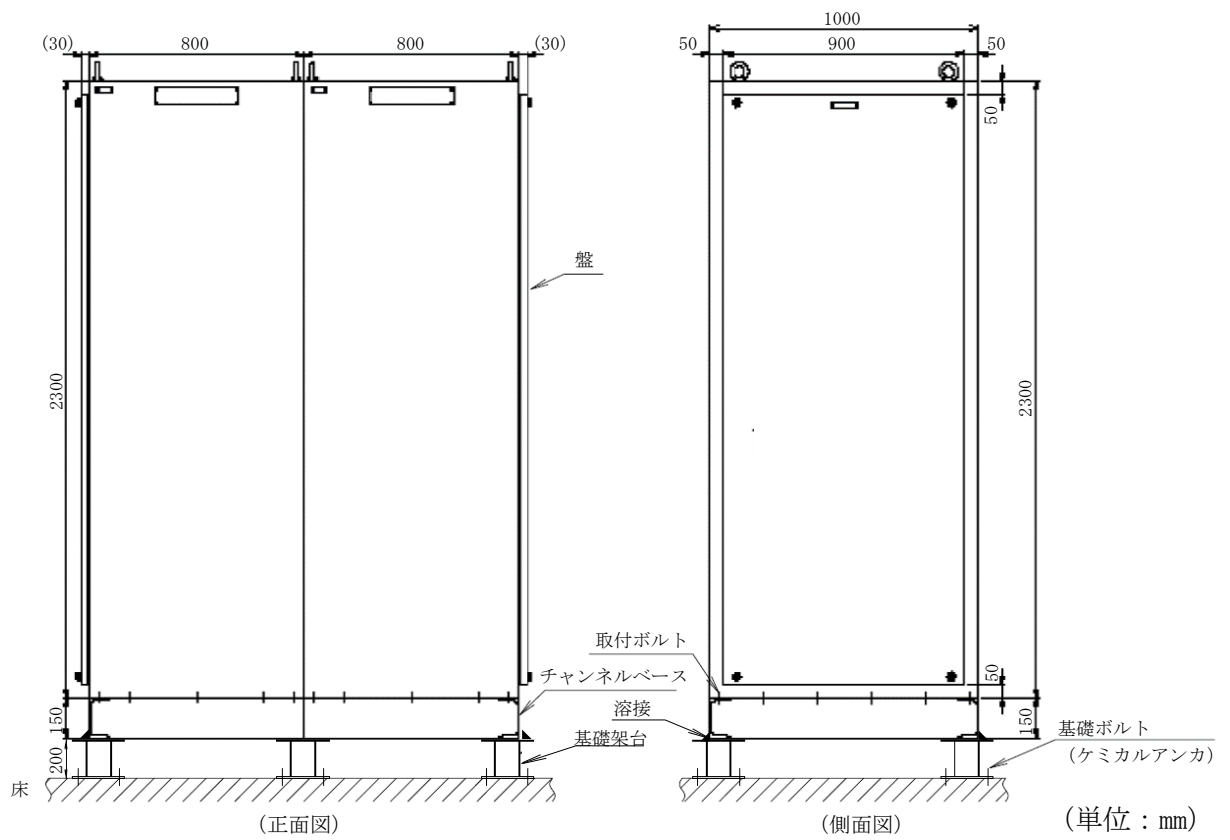
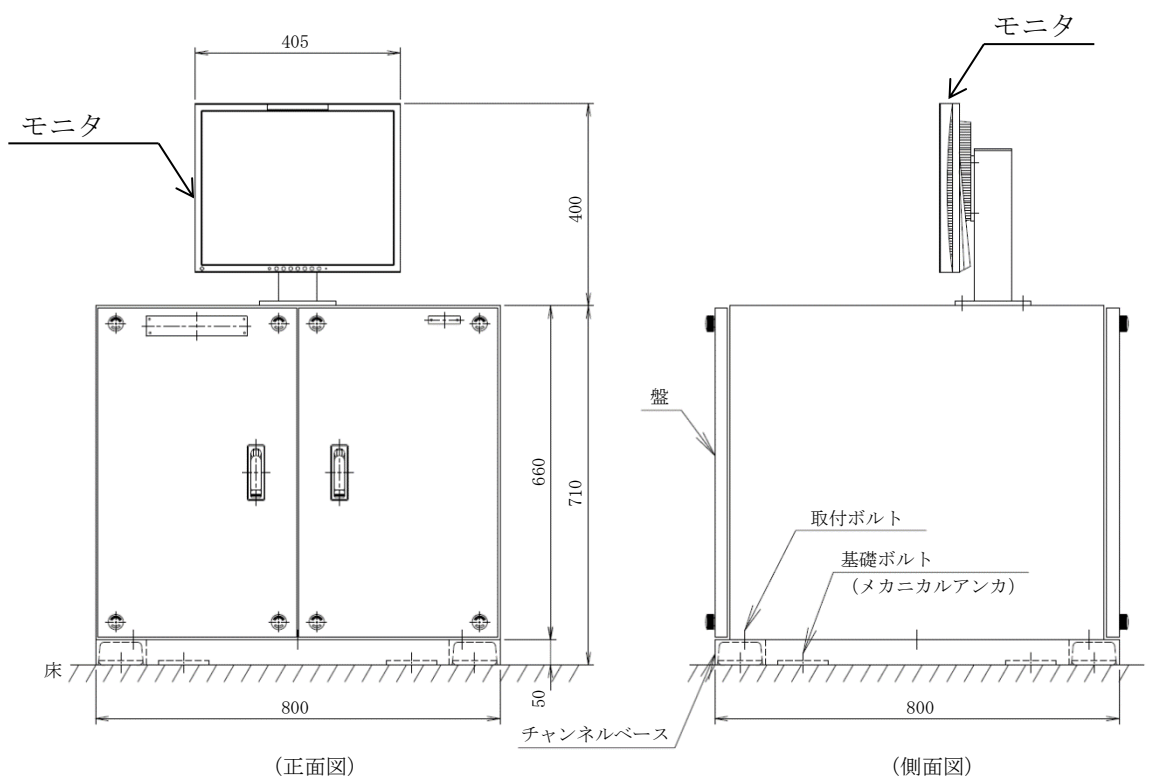


図 2-2 火災受信機盤②の概要図

表 2-3 火災受信機盤③の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤③は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。また、モニタはボルトにて盤に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を 組み合わせた自立 閉鎖型の盤)	図 2-3



(単位：mm)

図 2-3 火災受信機盤③の概要図

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認方法

火災受信機盤の固有周期は、VI-2-別添 1-1 の「4. 固有周期」に示す算出方法に基づき、実機の据付状態を模擬した振動試験（正弦波掃引試験）の結果算定された固有周期を使用する。

#### 3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

火災受信機盤の固有周期は、火災受信機盤①、②、③共に 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表3-1 固有周期

(単位：s)

盤名称	方向	固有周期
火災受信機盤①	水平	0.047
	鉛直	0.030 以下
火災受信機盤②	水平	0.050
	鉛直	0.030 以下
火災受信機盤③	水平	0.020 以下
	鉛直	0.020 以下

### 3.3 設計用地震力

火災受信機盤の評価に用いる「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 構造強度評価方法

火災受信機盤は、VI-2-別添 1-1 の「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 1-1 の「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

#### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を火災受信機盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

火災受信機盤の基礎ボルト及び取付ボルトにおける許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。また、基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【火災受信機盤①の耐震性についての計算結果】、【火災受信機盤②の耐震性についての計算結果】、【火災受信機盤③の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他 発電用原子炉 の附属施設	火災 防護設備	火災受信機盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SWRCH8A*	周囲環境温度	40	235	400	—
取付ボルト	SWRCH8A*	周囲環境温度	40	235	400	—

注記\* : SS400 相当 (16mm < 径 ≤ 40mm)

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

火災受信機盤は、VI-2-別添 1-1 の「6. 機能維持評価」に示す評価方法に従い、機能維持評価を実施する。

火災受信機盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
火災受信機盤①, ②	水平	4.3
	鉛直	1.4
火災受信機盤③	水平	3.2
	鉛直	1.3

## 6. 評価結果

火災受信機盤の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を維持することを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

S2 補 VI-2-別添 1-2-2 R1

【火災受信機盤①の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災受信機盤①	C	廃棄物処理建物 EL 16.9*1	0.047	0.030 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.88*2	C <sub>V</sub> =1.46*2	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)	1350	1540	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	375	405	4	—	280	—	短辺方向
	765	765	3				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

S2 補 VI-2-別添 1-2-2 R1

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—	1.302×10 <sup>4</sup>	—	2.489×10 <sup>4</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SWRCH8A	引張	—	—	σ <sub>b2</sub> =65	f <sub>ts2</sub> =210*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =7	f <sub>sb2</sub> =160

注記\*：f<sub>tsi</sub>=Min[1.4・f<sub>toi</sub>-1.6・τ<sub>bi</sub>, f<sub>toi</sub>]

すべて許容応力以下である。

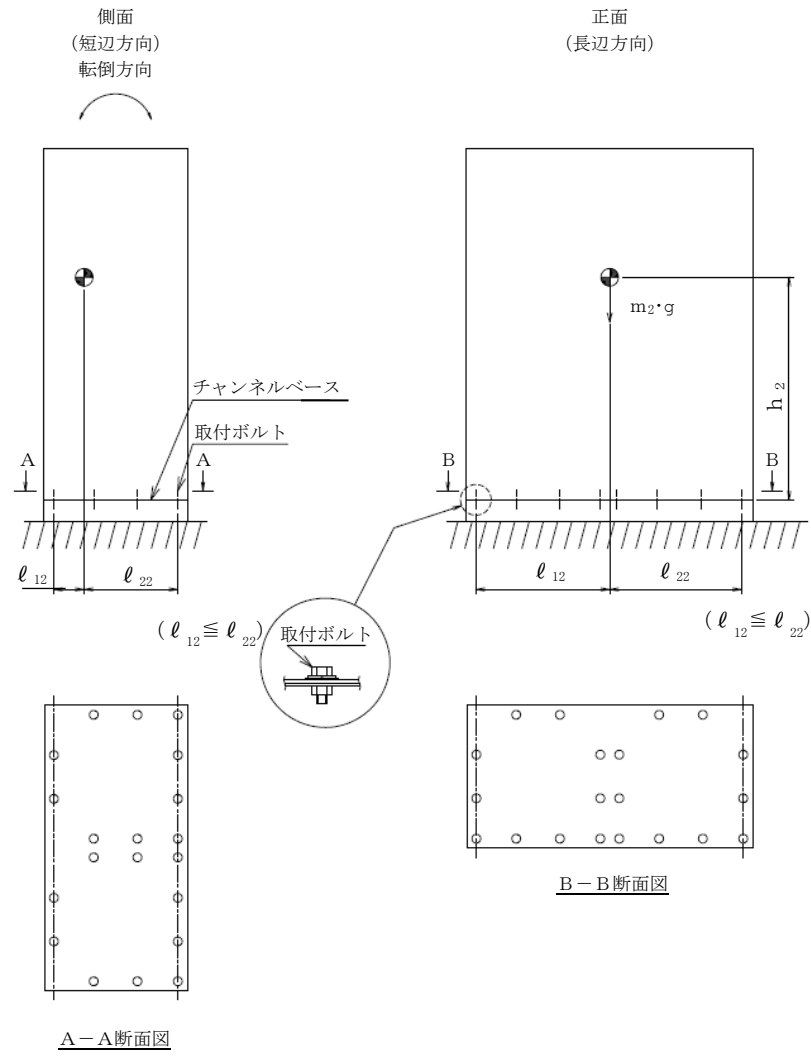
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災受信機盤①	水平方向	1.56	4.3
	鉛直方向	1.22	1.4

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【火災受信機盤②の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災受信機盤②	C	廃棄物処理建物 EL 16.9*1	0.050	0.030 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.88*2	C <sub>V</sub> =1.46*2	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	1774	1890	16 (M16)	201.1	24	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)
取付ボルト (i=2)	1540	1540	16 (M16)	201.1	28	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	552.5	552.5	6	—	280	—	長辺方向
	852.5	852.5	4				
取付ボルト (i=2)	465	465	6	—	280	—	短辺方向
	765	765	4				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	1.006×10 <sup>4</sup>	—	3.271×10 <sup>4</sup>
取付ボルト (i=2)	—	8.415×10 <sup>3</sup>	—	2.839×10 <sup>4</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	σ <sub>b1</sub> =51	f <sub>ts1</sub> =168*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> =7	f <sub>sb1</sub> =128
取付ボルト (i=2)	SWRCH8A	引張	—	—	σ <sub>b2</sub> =42	f <sub>ts2</sub> =210*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =6	f <sub>sb2</sub> =160

注記\*：f<sub>tsi</sub>=Min[1.4・f<sub>toi</sub>-1.6・τ<sub>bi</sub>, f<sub>toi</sub>]

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

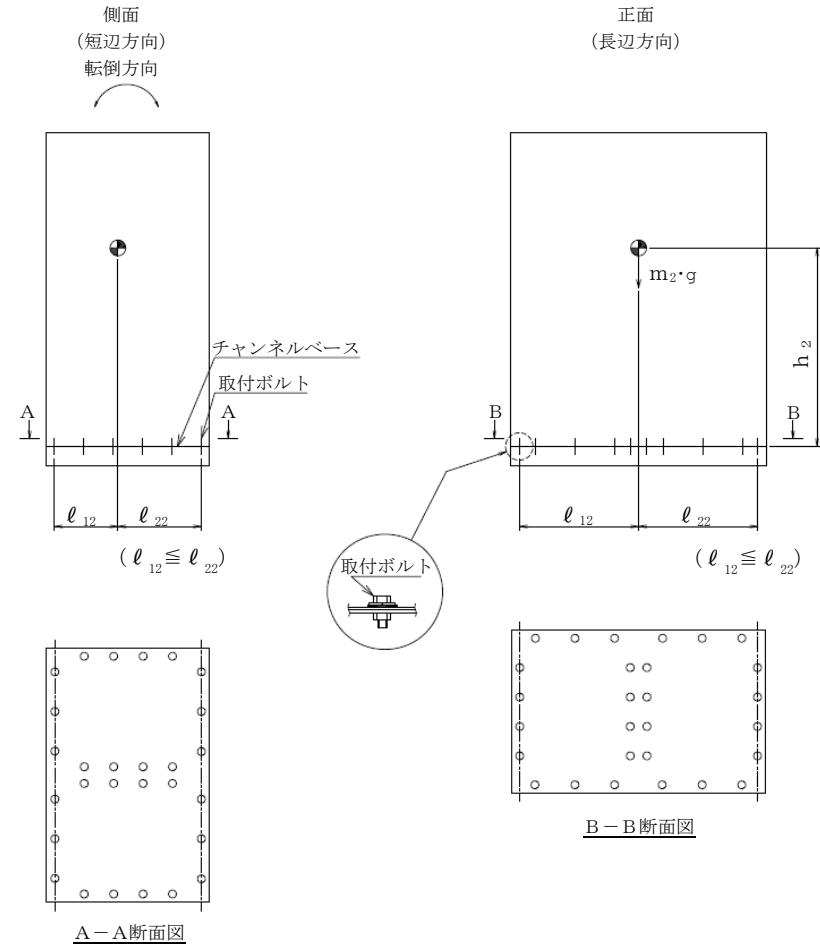
(×9.8m/s<sup>2</sup>)

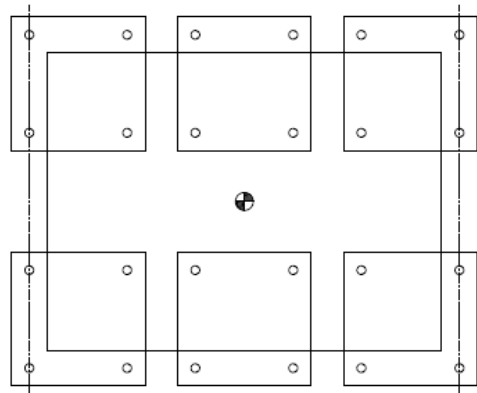
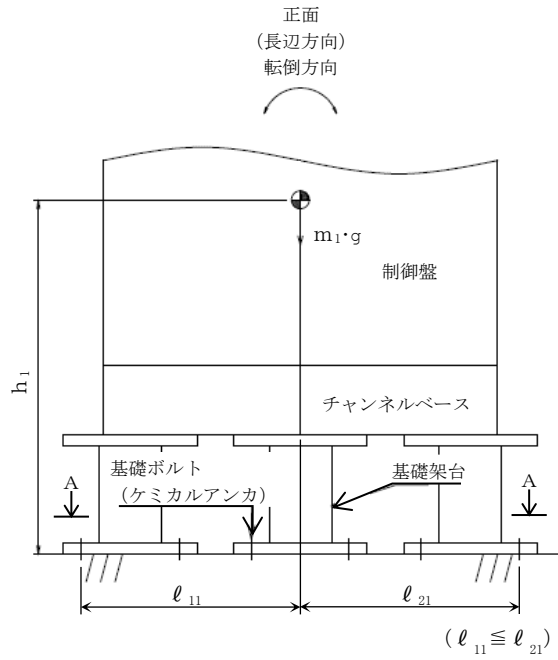
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災受信機盤②	水平方向	1.56	4.3
	鉛直方向	1.22	1.4

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

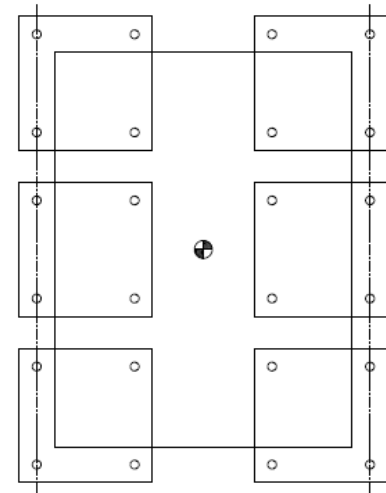
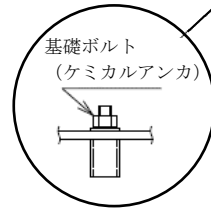
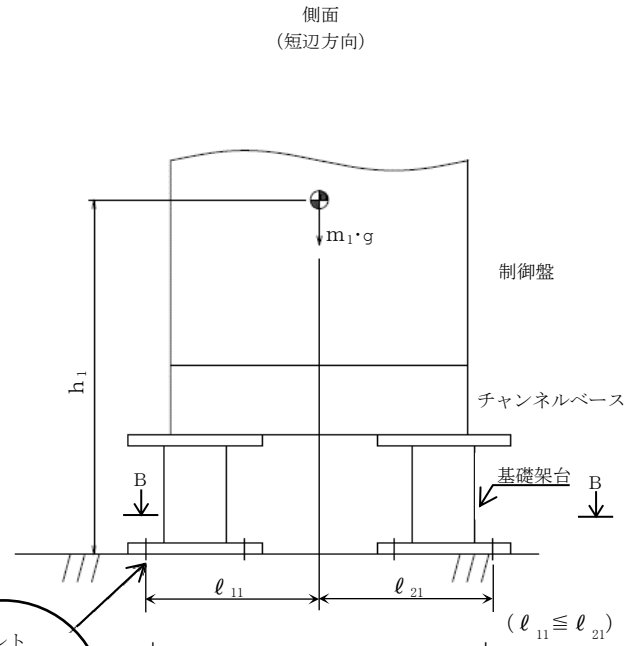
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

S2 補 VI-2-別添 1-2-2 R1





A-A断面図



B-B断面図

【火災受信機盤③の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災受信機盤③	C	制御室建物 EL 16.9*1	0.020 以下	0.020 以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.41*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	292	450	12 (M 12)	113.1	8	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)
取付ボルト (i=2)	260	400	12 (M 12)	113.1	8	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	350	350	2	—	280	—	短辺方向
	350	350	2				
取付ボルト (i=2)	370	370	1	—	280	—	短辺方向
	340	340	3				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	3.554×10 <sup>3</sup>	—	9.765×10 <sup>3</sup>
取付ボルト (i=2)	—	5.439×10 <sup>3</sup>	—	8.695×10 <sup>3</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	σ <sub>b1</sub> =32	f <sub>ts1</sub> =168*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> =11	f <sub>sb1</sub> =128
取付ボルト (i=2)	SWRCH8A	引張	—	—	σ <sub>b2</sub> =49	f <sub>ts2</sub> =210*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =10	f <sub>sb2</sub> =160

注記\*：f<sub>tsi</sub>=Min[1.4・f<sub>toi</sub>-1.6・τ<sub>bi</sub>, f<sub>toi</sub>]

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

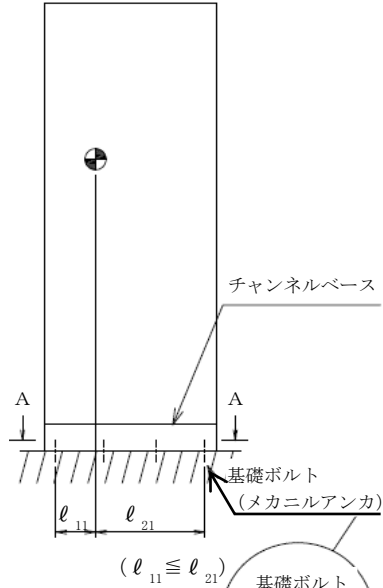
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災受信機盤③	水平方向	2.84	3.2
	鉛直方向	0.88	1.3

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

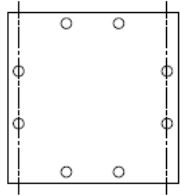
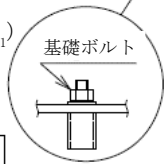
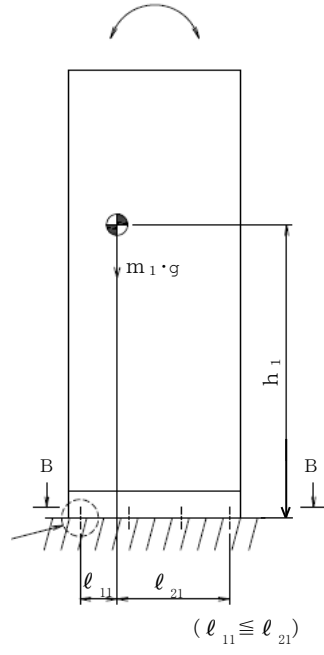
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

S2 補 VI-2-別添 1-2-2 R1E

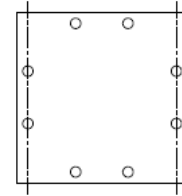
正面  
(長辺方向)



側面  
(短辺方向)  
転倒方向

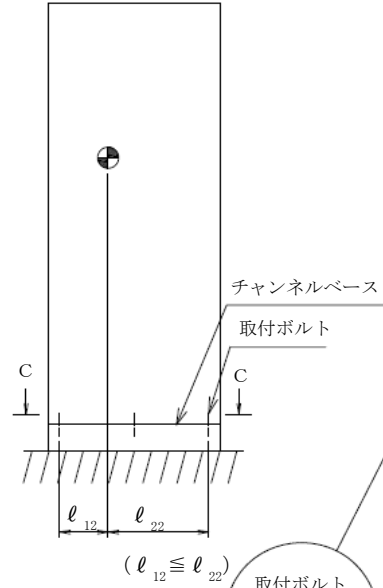


A-A断面図

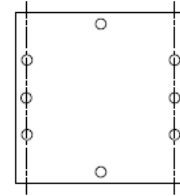
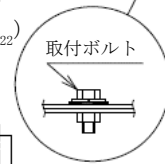
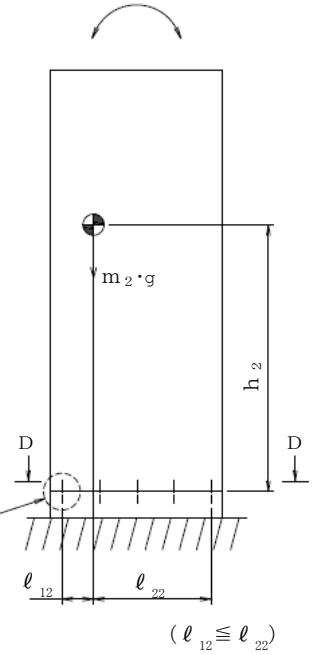


B-B断面図

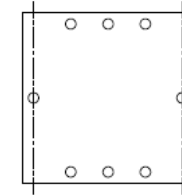
正面  
(長辺方向)



側面  
(短辺方向)  
転倒方向



C-C断面図



D-D断面図

VI-2-別添 1-3 消火設備の耐震性についての計算書

VI-2-別添1-3-1 ボンベラックの耐震性についての計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有値確認及び構造強度評価	7
3.1 固有値確認及び構造強度評価方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
3.3 解析モデル及び諸元	11
3.4 固有周期	22
3.5 設計用地震力	30
4. 機能維持評価	32
4.1 動的機能維持評価方法	32
5. 評価結果	33

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添1-1「火災防護設備の耐震計算の基本方針」（以下「VI-2-別添1-1」という。）に示すとおり、ボンベラック及び容器弁が基準地振動 $S_s$ による地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を維持していることを確認するものである。

## 2. 一般事項

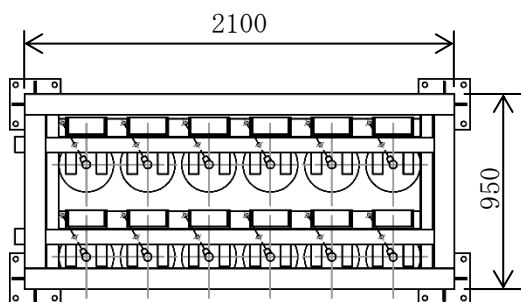
### 2.1 構造計画

ボンベラック及び容器弁の構造計画を表2-1～表2-5に示す。

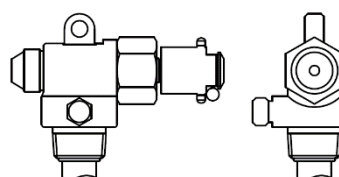
ボンベラックは、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

表 2-1 ボンベラック (68ℓ 2列6本用) の構造計画

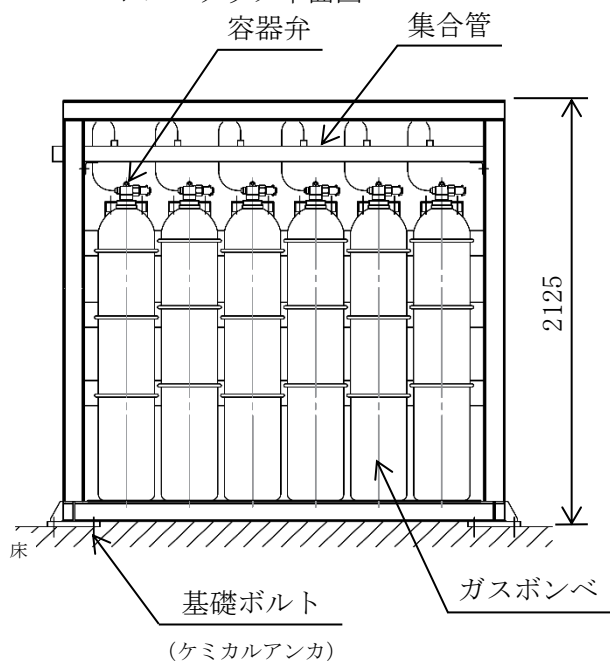
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。また、集合管はボンベラックに固定する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-1



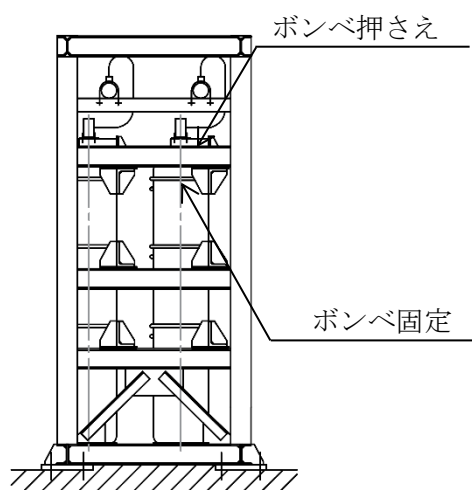
ボンベラック平面図



容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



ボンベラック正面図



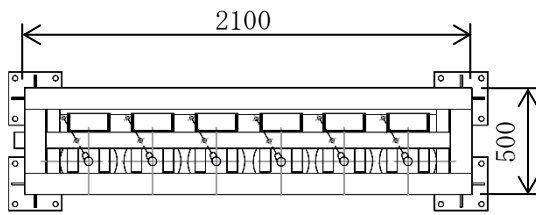
ボンベラック側面図

(単位: mm)

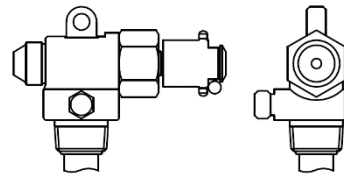
図 2-1 ボンベラック (68ℓ 2列6本用) の概要図

表 2-2 ボンベラック (68ℓ 1列6本用) の構造計画

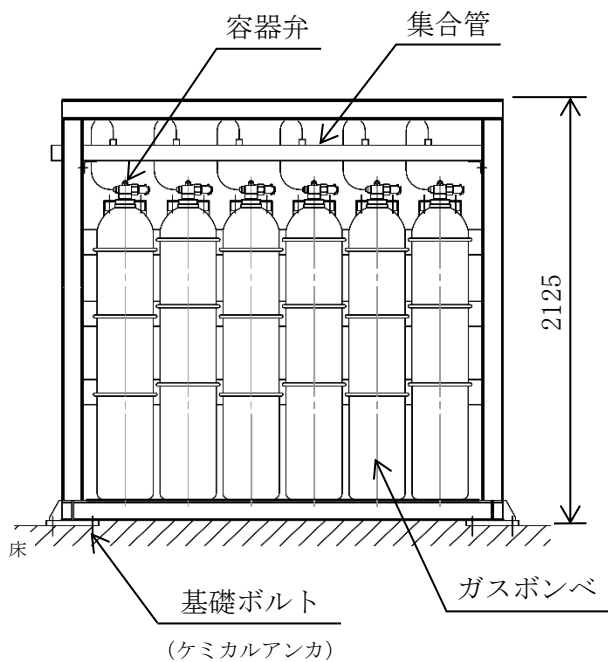
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。また、集合管はボンベラックに固定する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-2



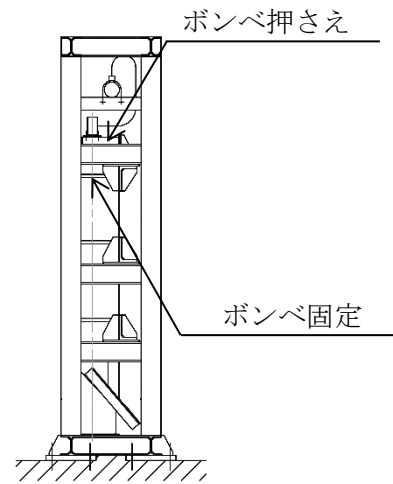
ボンベラック平面図



容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



ボンベラック正面図



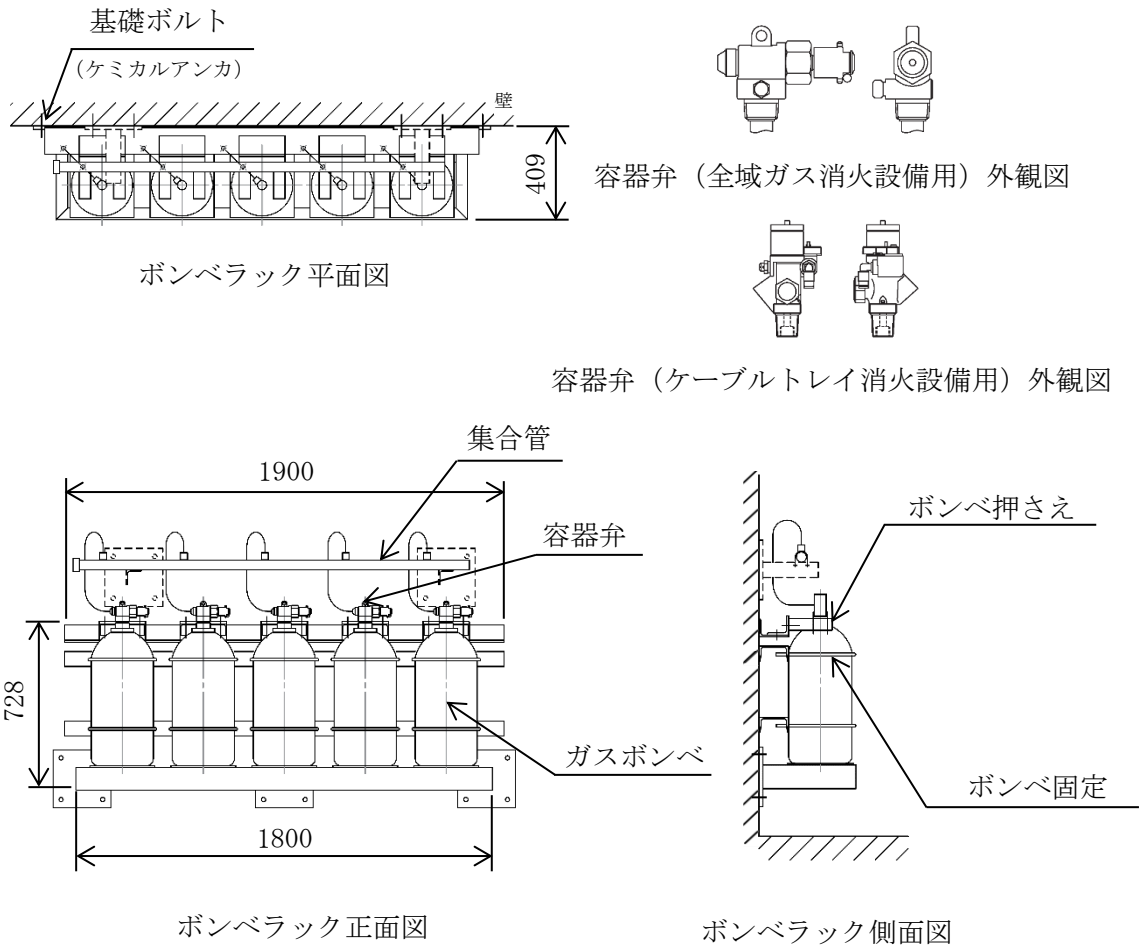
ボンベラック側面図

(単位 : mm)

図 2-2 ボンベラック (68ℓ 1列6本用) の概要図

表 2-3 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて壁に設置する。また、集合管はボンベラックとは独立して固定する。なお、容器弁の形状が全域ガス消火設備用とケーブルトレイ消火設備用で異なるが、ガスボンベ及びボンベラックは同じ構造である。		図 2-3



(単位 : mm)

図 2-3 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の概要図

表 2-4 ボンベラック (240 1列2本用) の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。また、集合管はボンベラックに固定する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-4

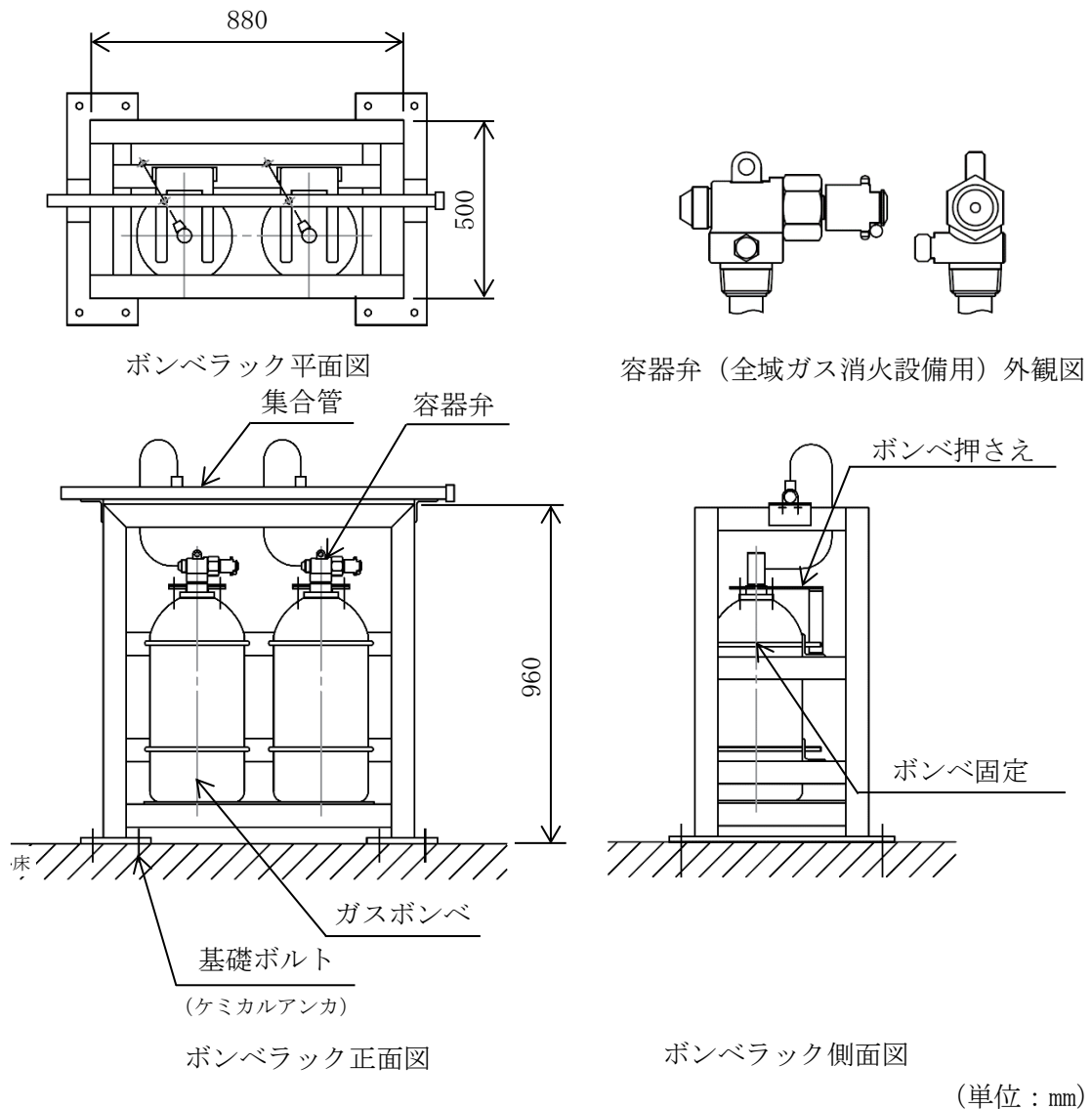
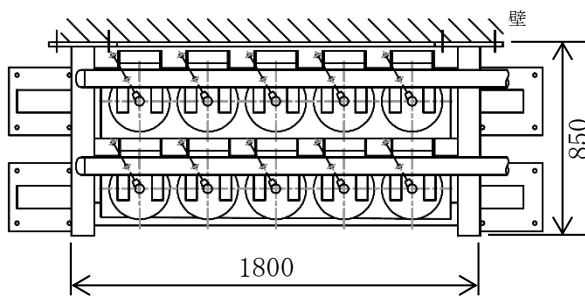


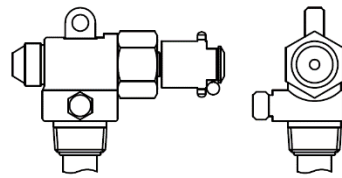
図 2-4 ボンベラック (240 1列2本用) の概要図

表 2-5 ボンベラック (680 2列5本用) の構造計画

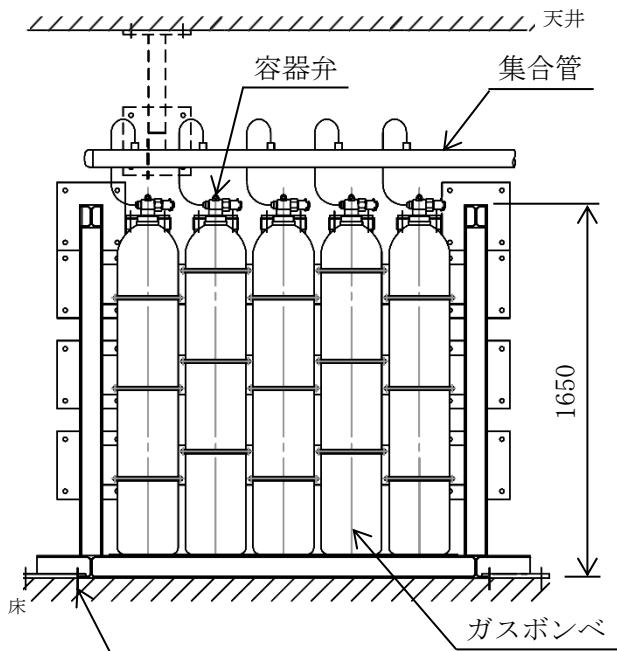
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベ固定及びボンベ押さえによってボンベラックに固定し、ボンベラックは基礎ボルトにて基礎及び壁に設置する。また、集合管はボンベラックとは独立して固定する。</p>	<p>ガスボンベ 及び容器弁 (壁支持を含む 直立形)</p>	<p>図 2-5</p>



ボンベラック平面図

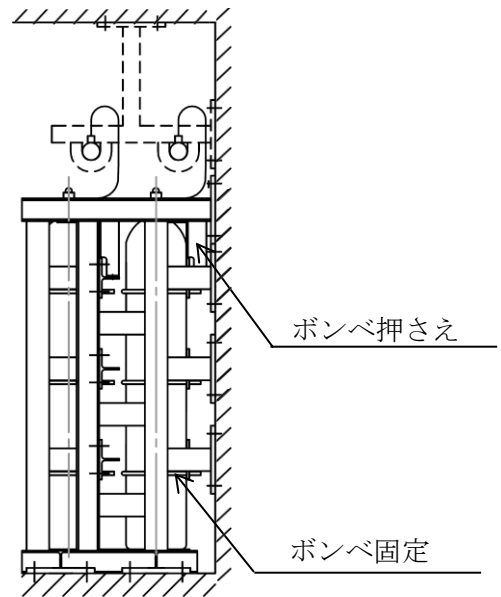


容器弁 (全域ガス消火設備用) 外観図



基礎ボルト  
(ケミカルアンカ)

ボンベラック正面図



ボンベラック側面図

(単位 : mm)

図 2-5 ボンベラック (680 2列5本用) の概要図

### 3. 固有値確認及び構造強度評価

ボンベラックの固有周期及び構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 の「4. 固有周期」及び「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に基づき、3次元FEMモデルによる解析又は正弦波掃引試験により固有周期及び構造強度を評価する。

#### 3.1 固有値確認及び構造強度評価方法

##### 3.1.1 固有値確認方法

###### (1) ボンベラック

###### ① ボンベラックの確認方法

対象部位であるボンベラックについて、3次元FEMモデルによる解析を実施する。

###### ② 容器弁の確認方法

容器弁をガスボンベにねじ込み固定した状態で正弦波掃引試験を実施する。

##### 3.1.2 構造強度評価方法

ボンベラックの構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 の「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 1-1 の「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、ボンベラックの評価対象部位ごとに設定する。ボンベラックの荷重の組合せ及び許容応力状態を表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力及び使用材料の許容応力評価条件

ボンベラックにおける許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 に示す。また、ボンベラック及び基礎ボルトの許容応力評価条件を表 3-3～表 3-7 に示す。



表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	ボンベラック	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等以外)	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3 ボンベラック (680 2列6本用) の使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
		周囲環境温度				
ボンベラック部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (16 < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	280

表 3-4 ボンベラック (680 1列6本用) の使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
		周囲環境温度				
ボンベラック部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (16 < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	280

表 3-5 ボンベラック (240 壁掛5本用) の使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
		周囲環境温度				
ボンベラック部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280

表 3-6 ボンベラック (240 1列2本用) の使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)
		周囲環境温度				
ボンベラック部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280

表 3-7 ボンベラック (680 2列5本用) の使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)
		周囲環境温度				
ボンベラック部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	280

### 3.3 解析モデル及び諸元

「3.1.1 固有値確認方法」に示すボンベラックの解析モデルを図 3-1～図 3-5 に，解析モデルの諸元を表 3-8～表 3-12 に，ボンベラックの外観図を表 2-1～表 2-5 に示す。

- (1) ボンベラックを構成する部材をはり要素又は板要素でモデル化した F E M モデルを用いる。
- (2) 基礎ボルト部の拘束条件として，構造に応じて完全固定，並進 3 方向固定又は並進 2 方向及び回転 3 方向拘束とする。
- (3) ガスボンベははり要素でモデル化し，ボンベ，容器弁及び消火剤の質量を分布質量とする。また，集合管はモデル化せず，質量のみ考慮する。
- (4) ガスボンベは，ボンベ押さえにより浮上りを固定されることから，鉛直方向は固定とする。
- (5) 解析コードは，「M S C N A S T R A N」を使用し評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

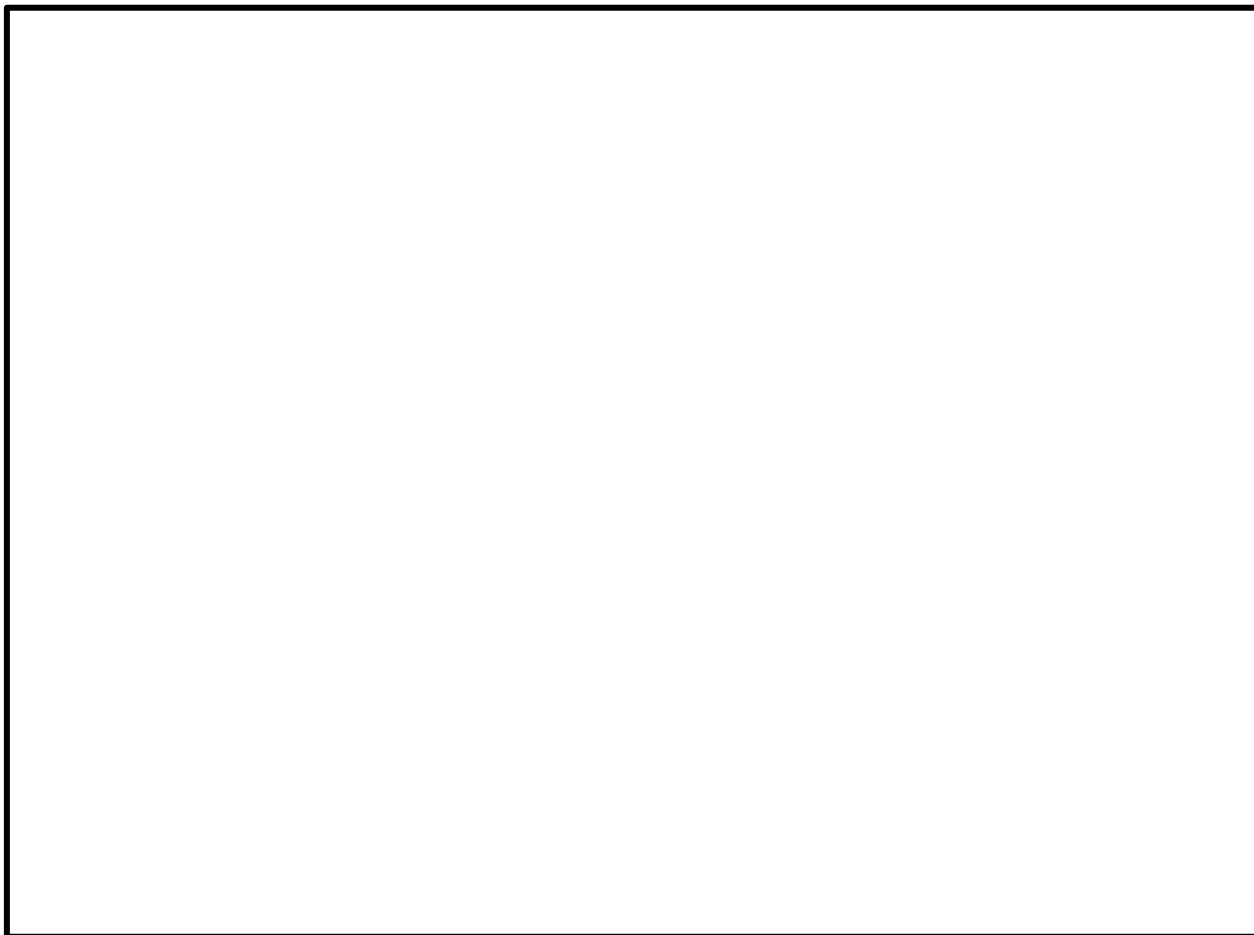


図 3-1 ボンベラック (680 2列6本用) の解析モデル

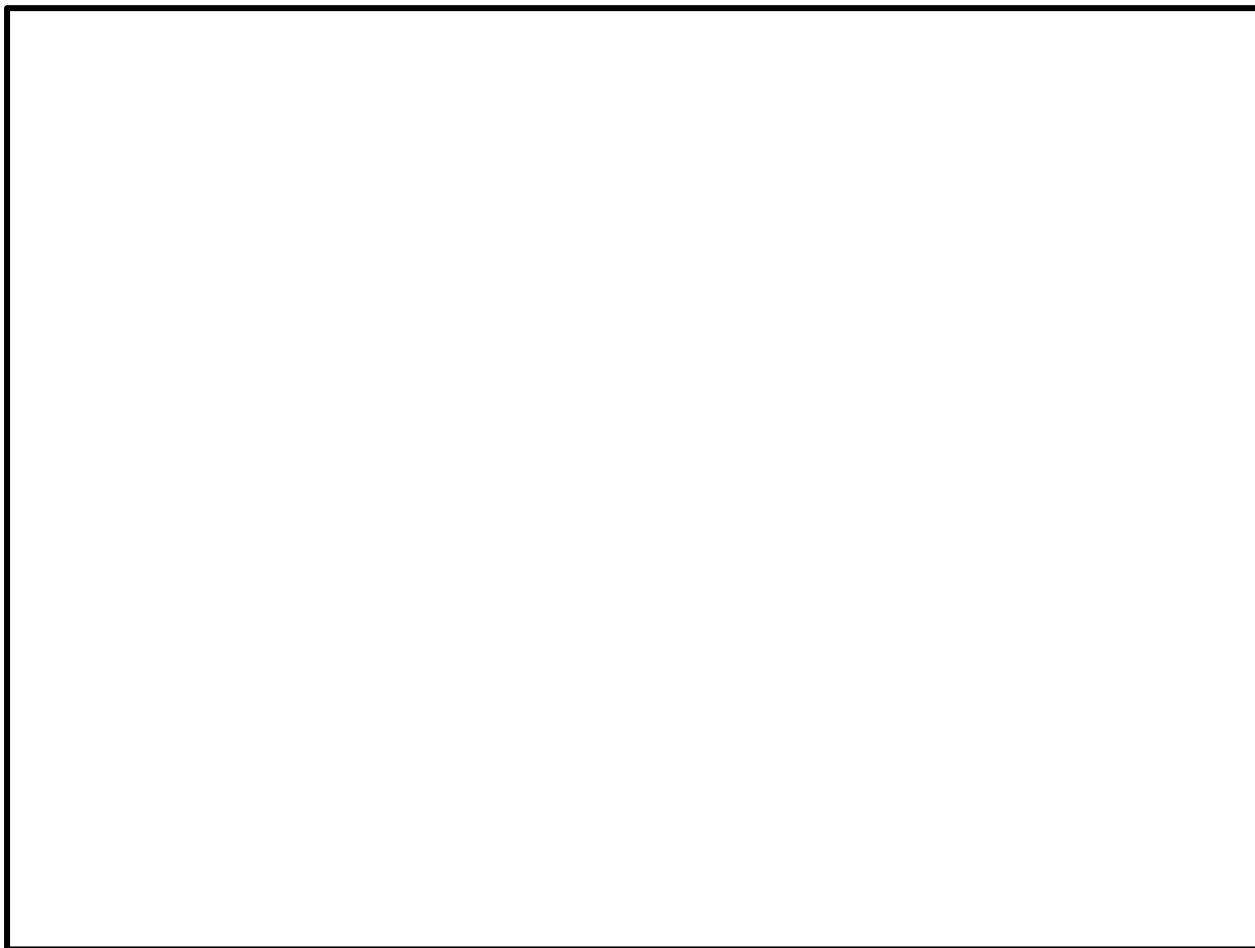


図 3-2 ボンベラック (680 1列6本用) の解析モデル



図 3-3 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の解析モデル

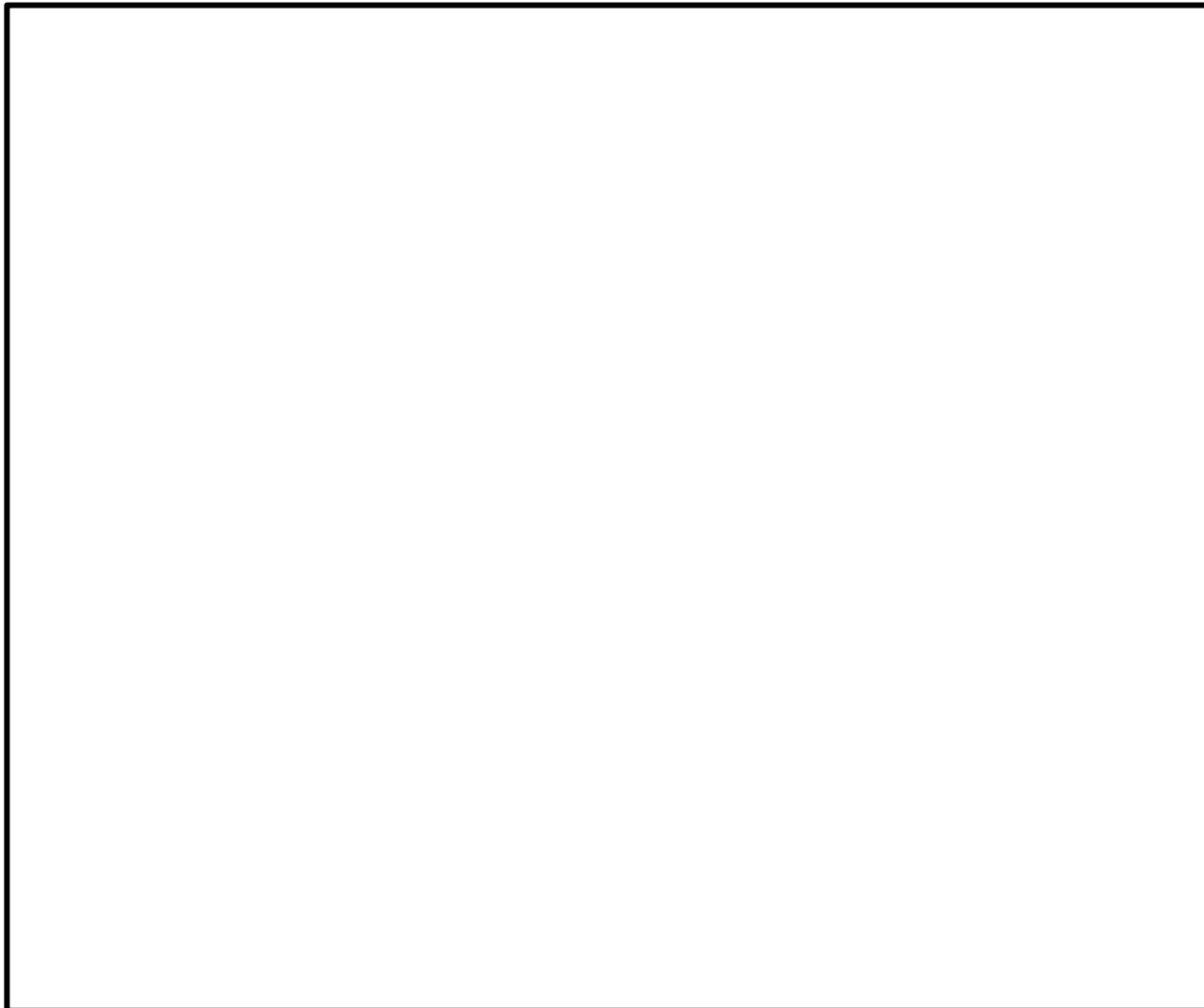


図 3-4 ボンベラック (240 1列2本用) の解析モデル



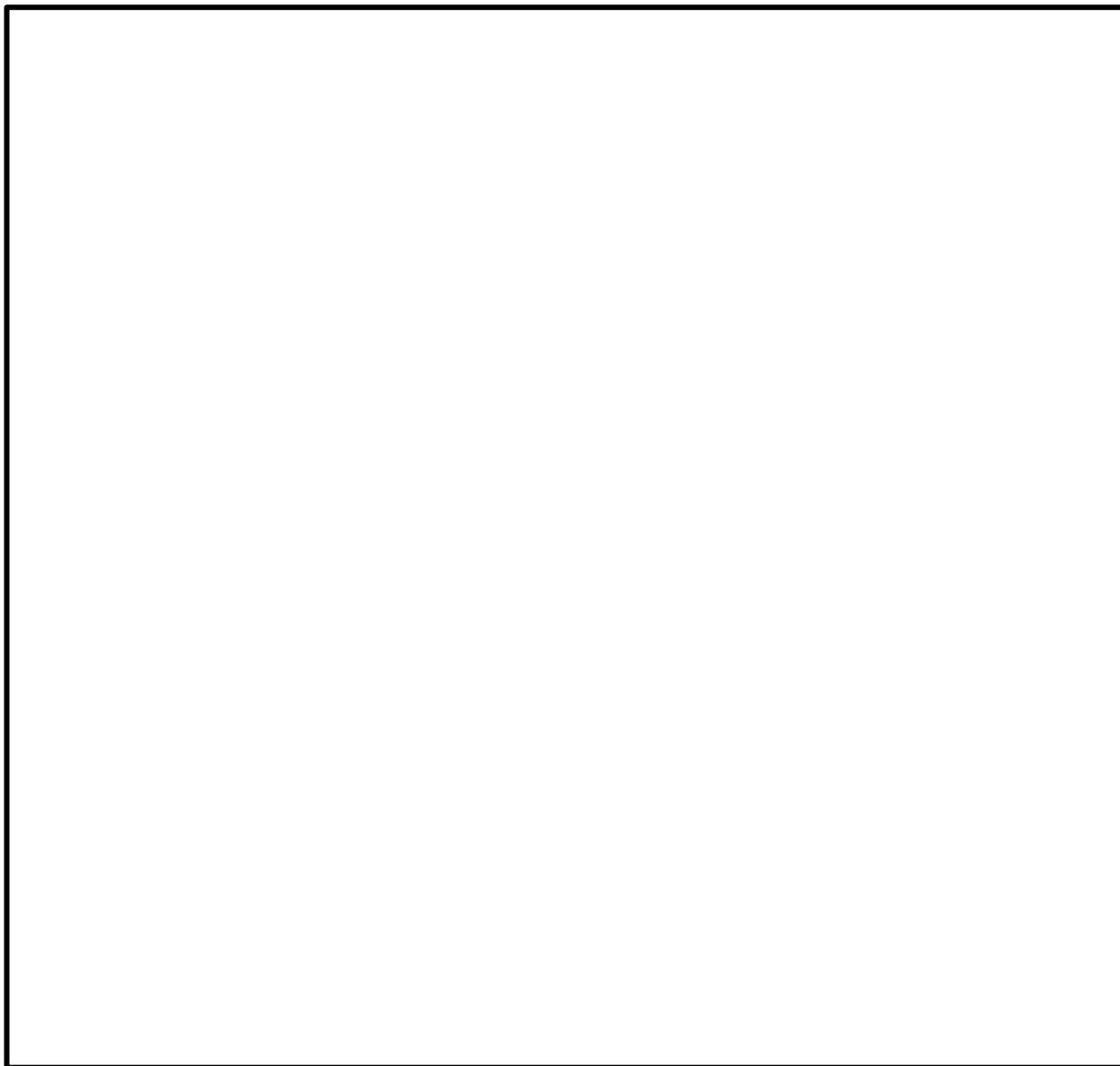


図 3-5 ボンベラック (680 2 列 5 本用) の解析モデル

表 3-8 ボンベラック (680 2 列 6 本用) の解析モデルの諸元

	番号	材料	諸元 (数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
						強軸	弱軸
ボンベ ラック	①	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	2.159×10 <sup>3</sup>	3.780×10 <sup>6</sup>	1.340×10 <sup>6</sup>
	②	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	2.159×10 <sup>3</sup>	3.780×10 <sup>6</sup>	1.340×10 <sup>6</sup>
	③	SS400	C100×50×5×7.5	2.02×10 <sup>5</sup>	1.192×10 <sup>3</sup>	1.880×10 <sup>6</sup>	2.600×10 <sup>5</sup>
	④	SS400	L125×90×13	2.02×10 <sup>5</sup>	2.626×10 <sup>3</sup>	4.010×10 <sup>6</sup>	1.730×10 <sup>6</sup>
	⑤	SS400	L65×65×6	2.02×10 <sup>5</sup>	752.7	2.940×10 <sup>5</sup>	2.940×10 <sup>5</sup>
	⑥	SS400	L50×50×6	2.02×10 <sup>5</sup>	564.4	1.260×10 <sup>5</sup>	1.260×10 <sup>5</sup>
	⑦	SS400	鋼板 t9.0	2.02×10 <sup>5</sup>	756.0	4.440×10 <sup>5</sup>	5.100×10 <sup>3</sup>
	⑧	SS400	鋼板 t9.0	2.02×10 <sup>5</sup>	—	—	—
基礎 ボルト	⑨	SS400	M20	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	—	40	—	—	—	—
質量 (kg)	—	—	3388	—	—	—	—
ポアソン 比	—	—	0.3	—	—	—	—

表 3-9 ボンベラック (680 1 列 6 本用) の解析モデルの諸元

	番号	材料	諸元 (数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
						強軸	弱軸
ボンベ ラック	①	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	2.159×10 <sup>3</sup>	3.780×10 <sup>6</sup>	1.340×10 <sup>6</sup>
	②	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	2.159×10 <sup>3</sup>	3.780×10 <sup>6</sup>	1.340×10 <sup>6</sup>
	③	SS400	C100×50×5×7.5	2.02×10 <sup>5</sup>	1.192×10 <sup>3</sup>	1.880×10 <sup>6</sup>	2.600×10 <sup>5</sup>
	④	SS400	L125×90×13	2.02×10 <sup>5</sup>	2.626×10 <sup>3</sup>	4.010×10 <sup>6</sup>	1.730×10 <sup>6</sup>
	⑤	SS400	L65×65×6	2.02×10 <sup>5</sup>	752.7	2.940×10 <sup>5</sup>	2.940×10 <sup>5</sup>
	⑥	SS400	L50×50×6	2.02×10 <sup>5</sup>	564.4	1.260×10 <sup>5</sup>	1.260×10 <sup>5</sup>
	⑦	SS400	鋼板 t9.0	2.02×10 <sup>5</sup>	756.0	4.440×10 <sup>5</sup>	5.100×10 <sup>3</sup>
	⑧	SS400	鋼板 t9.0	2.02×10 <sup>5</sup>	540.0	1.620×10 <sup>5</sup>	3.640×10 <sup>3</sup>
	⑨	SS400	鋼板 t9.0	2.02×10 <sup>5</sup>	—	—	—
基礎 ボルト	⑩	SS400	M20	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	—	40	—	—	—	—
質量 (kg)	—	—	1890	—	—	—	—
ポアソン 比	—	—	0.3	—	—	—	—

表 3-10 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の解析モデルの諸元

	番号	材料	諸元 (数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
						強軸	弱軸
ボンベ ラック	①	SS400	C125×65×6×8	$2.02 \times 10^5$	$1.711 \times 10^3$	$4.240 \times 10^6$	$6.180 \times 10^5$
	②	SS400	C100×50×5×7.5	$2.02 \times 10^5$	$1.192 \times 10^3$	$1.880 \times 10^6$	$2.600 \times 10^5$
	③	SS400	鋼板 t6.0	$2.02 \times 10^5$	—	—	—
ボルト	④	SS400	M12	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	—	40	—	—	—	—
質量 (kg)	—	—	486	—	—	—	—
ポアソン 比	—	—	0.3	—	—	—	—

表 3-11 ボンベラック (240 1列2本用) の解析モデルの諸元

	番号	材料	諸元 (数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
						強軸	弱軸
ボンベ ラック	①	SS400	L65×65×6	$2.02 \times 10^5$	752.7	$2.940 \times 10^5$	$2.940 \times 10^5$
	②	SS400	L65×65×6	$2.02 \times 10^5$	752.7	$2.940 \times 10^5$	$2.940 \times 10^5$
	③	SS400	鋼板 t16.0	$2.02 \times 10^5$	$3.200 \times 10^3$	$1.060 \times 10^7$	$6.820 \times 10^4$
	④	SS400	鋼板 t6.0	$2.02 \times 10^5$	—	—	—
基礎 ボルト	⑤	SS400	M12	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	—	40	—	—	—	—
質量 (kg)	—	—	272	—	—	—	—
ポアソン 比	—	—	0.3	—	—	—	—

表 3-12 ボンベラック (680 2列5本用) の解析モデルの諸元

	番号	材料	諸元 (数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
						強軸	弱軸
ボンベ ラック	①	SS400	H175×175×7.5×11	2.02×10 <sup>5</sup>	2.717×10 <sup>3</sup>	4.910×10 <sup>6</sup>	2.070×10 <sup>6</sup>
	②	SS400	H175×175×7.5×11	2.02×10 <sup>5</sup>	2.571×10 <sup>3</sup>	4.910×10 <sup>6</sup>	1.140×10 <sup>6</sup>
	③	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	2.159×10 <sup>3</sup>	3.780×10 <sup>6</sup>	1.340×10 <sup>6</sup>
	④	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	2.159×10 <sup>3</sup>	3.780×10 <sup>6</sup>	1.340×10 <sup>6</sup>
	⑤	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	1.958×10 <sup>3</sup>	3.310×10 <sup>6</sup>	1.010×10 <sup>6</sup>
	⑥	SS400	H100×100×6×8	2.02×10 <sup>5</sup>	1.265×10 <sup>3</sup>	6.680×10 <sup>5</sup>	6.650×10 <sup>5</sup>
	⑦	SS400	鋼板 t6.0	2.02×10 <sup>5</sup>	—	—	—
基礎 ボルト	⑧	SS400	M16	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	—	40	—	—	—	—
質量 (kg)	—	—	2358	—	—	—	—
ポアソン 比	—	—	0.3	—	—	—	—

### 3.4 固有周期

ボンベラックの固有値解析の結果を「3.4.1 ボンベラック」に、容器弁の固有値解析結果を「3.4.2 容器弁」に示す。

#### 3.4.1 ボンベラック

ボンベラックの固有値確認結果を表 3-13～表 3-17，振動モード図を図 3-6～図 3-10 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

#### 3.4.2 容器弁

容器弁の固有値確認結果を表 3-18～表 3-19 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 3-13 ボンベラック (680 2列6本用) の固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			短辺方向	長辺方向	
1次	水平	0.038	—	—	—

表 3-14 ボンベラック (680 1列6本用) の固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			短辺方向	長辺方向	
1次	水平	0.041	—	—	—

表 3-15 ボンベラック (240 壁掛5本用) の固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			短辺方向	長辺方向	
1次	水平	0.005	—	—	—

表 3-16 ボンベラック (240 1列2本用) の固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			短辺方向	長辺方向	
1次	水平	0.034	—	—	—

表 3-17 ボンベラック (680 2列5本用) の固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			短辺方向	長辺方向	
1次	水平	0.039	—	—	—



表 3-18 容器弁（全域ガス消火設備用）の固有周期

機器名称	方向	固有周期* (s)
容器弁 (全域ガス消火設 備用)	水平	0.030 以下
	鉛直	0.030 以下

注記\*：正弦波掃引試験により確認

表 3-19 容器弁（ケーブルトレイ消火設備用）の固有周期

機器名称	方向	固有周期* (s)
容器弁 (ケーブルトレイ 消火設備用)	水平	0.030 以下
	鉛直	0.030 以下

注記\*：正弦波掃引試験により確認

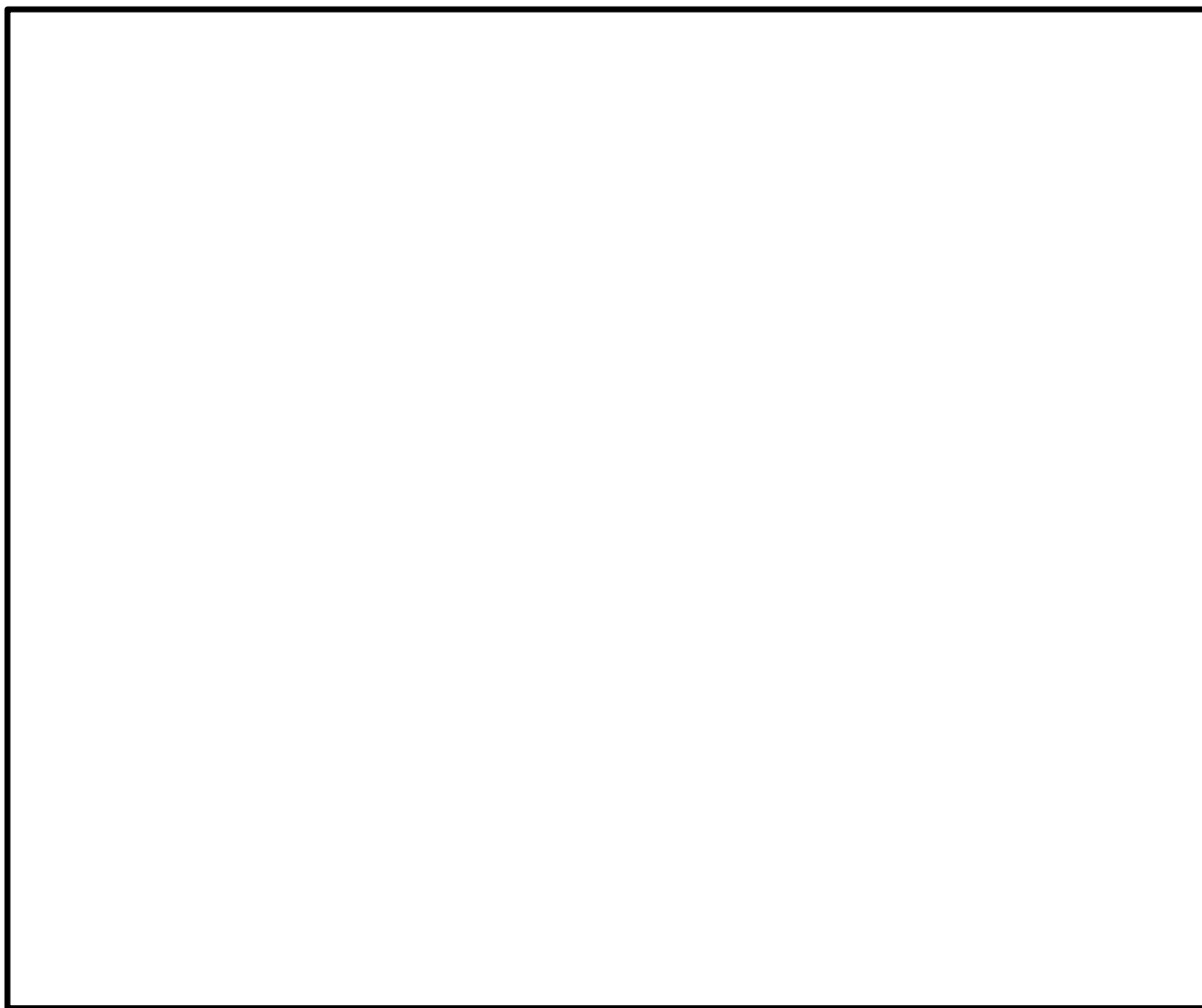


図 3-6 ボンベラック (680 2 列 6 本用) の振動モード図 (1 次)

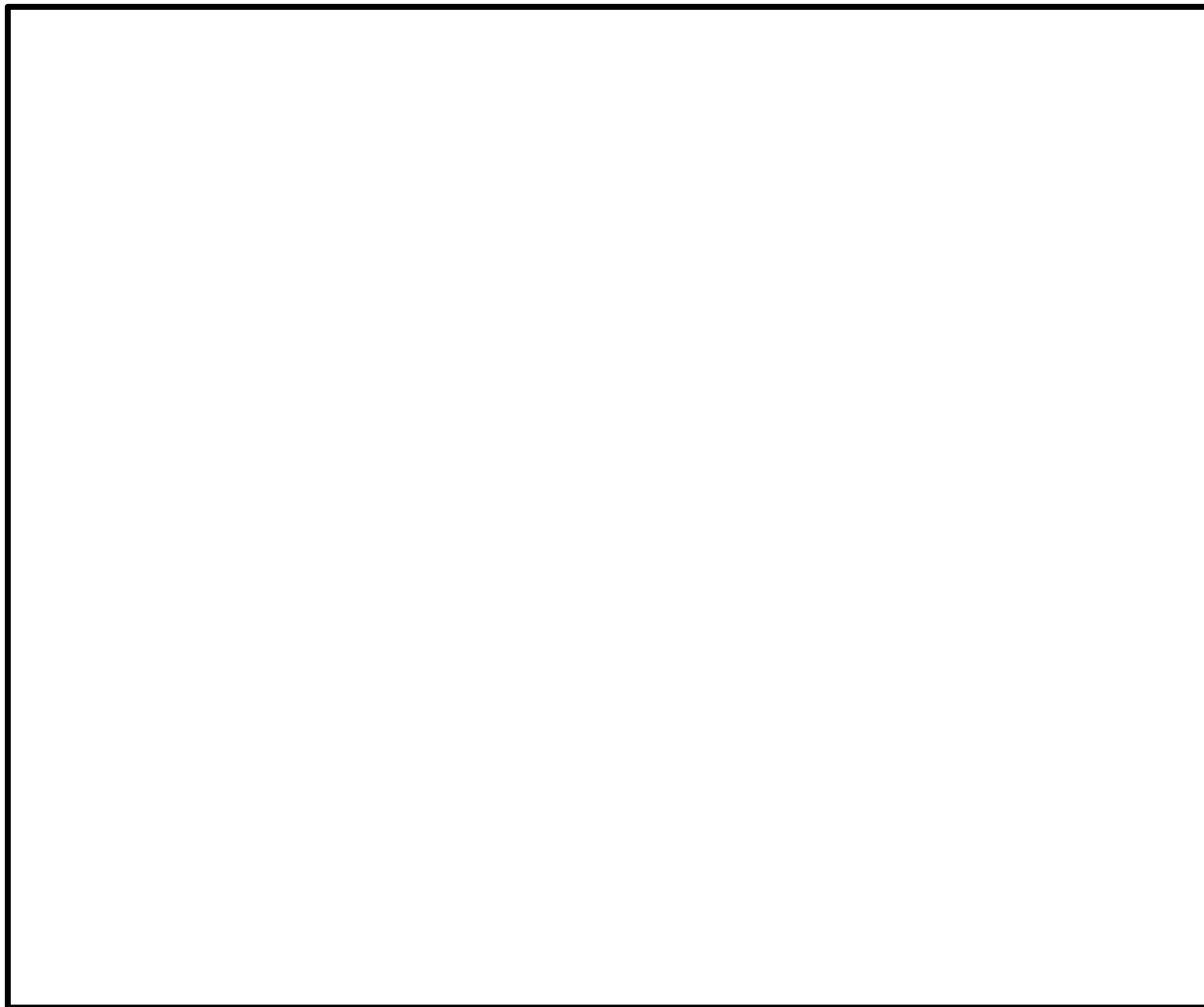


図 3-7 ボンベラック (680 1 列 6 本用) の振動モード図 (1 次)

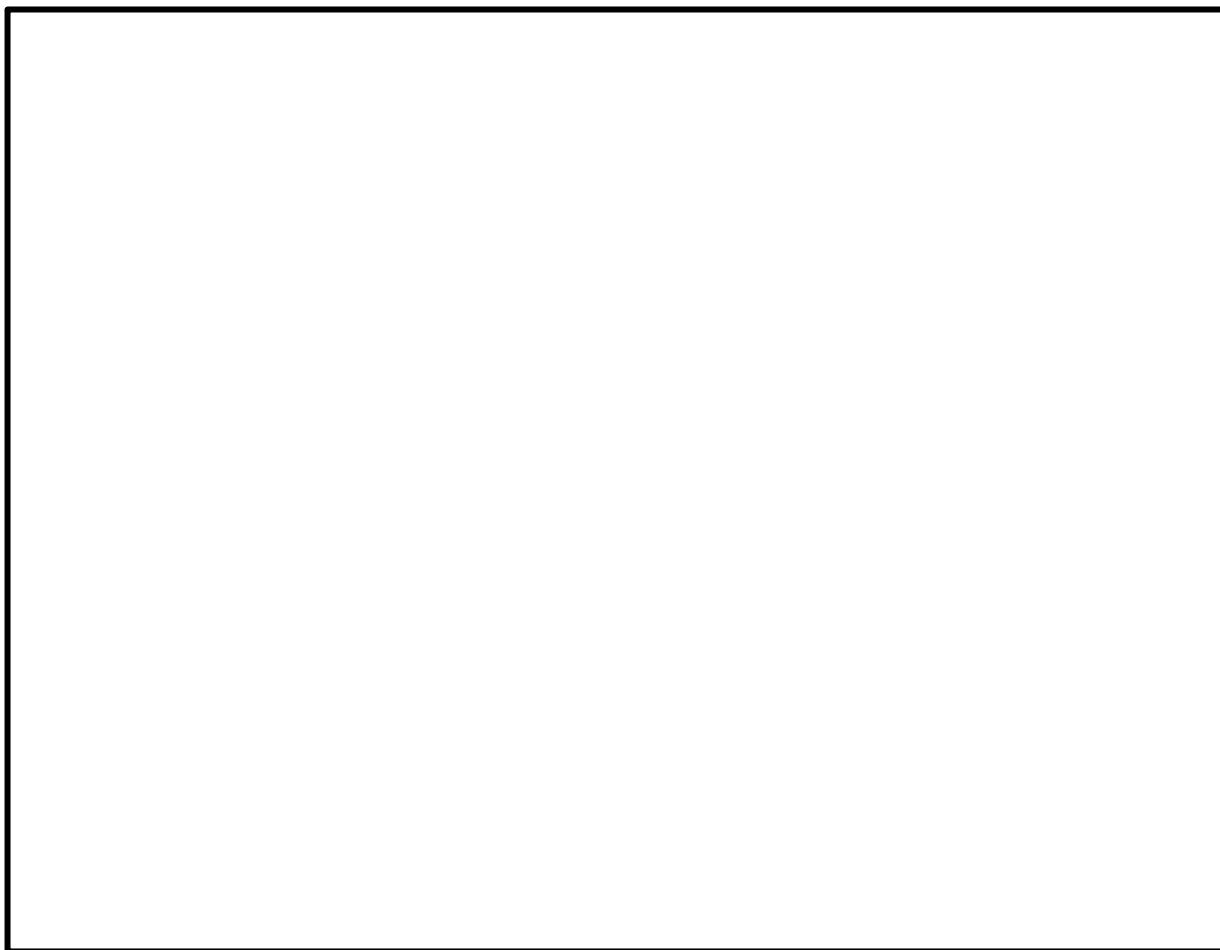


図 3-8 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の振動モード図 (1 次)

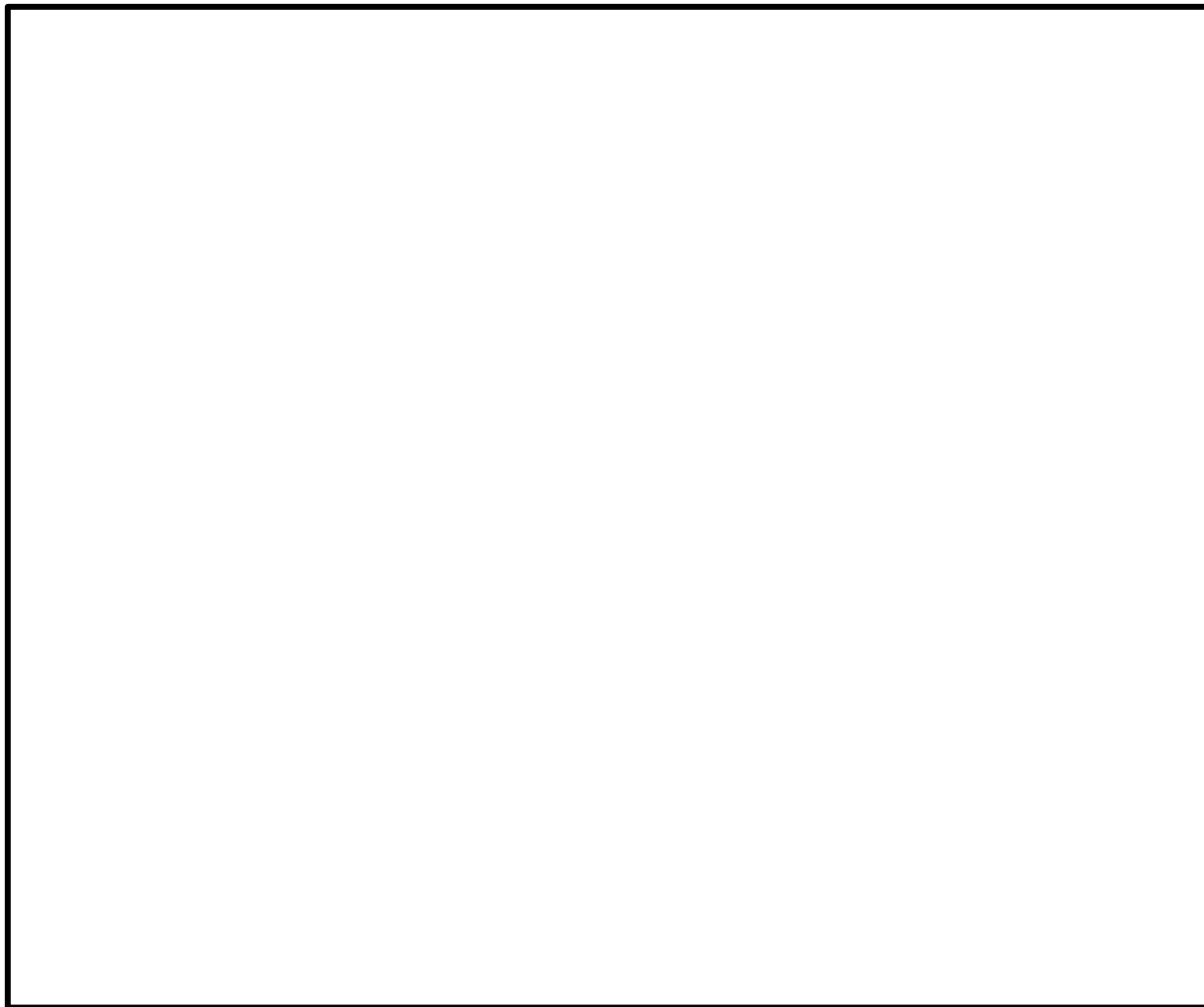


図 3-9 ボンベラック (240 1 列 2 本用) の振動モード図 (1 次)

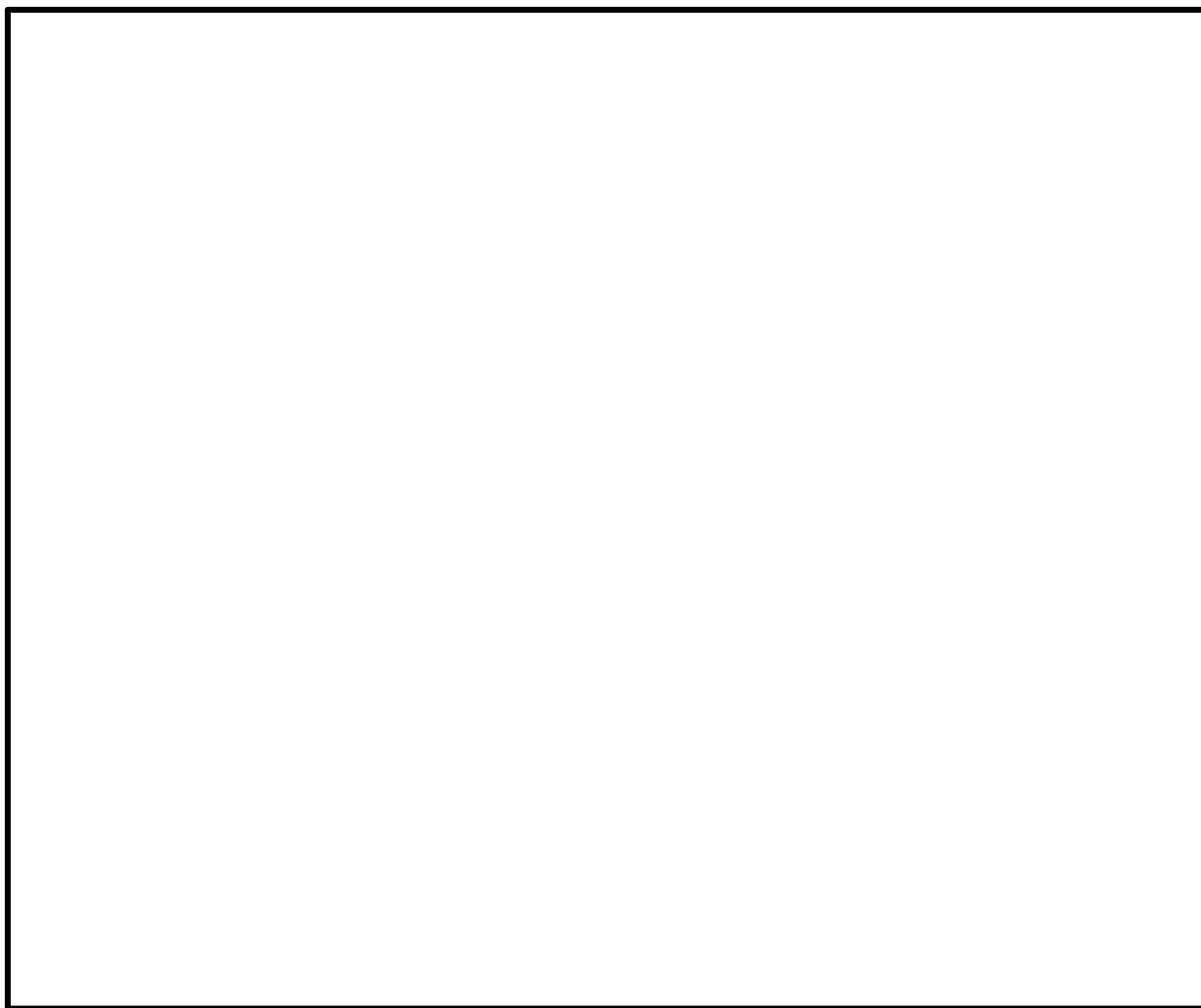


図 3-10 ボンベラック (680 2 列 5 本用) の振動モード図 (1 次)

### 3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-20～表 3-24 に示す。ボンベラックの耐震計算に用いる設計用地震力については、VI-2-1-7「設計用応答スペクトルの作成方針」に基づく。

表 3-20 ボンベラック (680 2 列 6 本用) の設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所 及び 床面高さ (m)	基準地震動 $S_s$	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 42.8 <sup>*1</sup>	$C_H=2.52^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動  $S_s$ ）

表 3-21 ボンベラック (680 1 列 6 本用) の設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所 及び 床面高さ (m)	基準地震動 $S_s$	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 42.8 <sup>*1</sup>	$C_H=2.52^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動  $S_s$ ）

表 3-22 ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所 及び 床面高さ (m)	基準地震動 $S_s$	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
タービン建物 EL 2.0 (EL 5.5 <sup>*1</sup> )	$C_H=2.18^{*2}$	$C_V=1.05^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動  $S_s$ ）

表 3-23 ボンベラック (240 1 列 2 本用) の設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所 及び 床面高さ (m)	基準地震動 S s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 8.8* <sup>1</sup>	$C_H = 1.56^{*2}$	$C_V = 1.16^{*2}$

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

表 3-24 ボンベラック (680 2 列 5 本用) の設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所 及び 床面高さ (m)	基準地震動 S s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ガスタービン 発電機建物 EL 47.5 (EL 54.5* <sup>1</sup> )	$C_H = 2.57^{*2}$	$C_V = 1.23^{*2}$

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S s)



#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

ボンベラックは、VI-2-別添1-1の「6. 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

機能確認済加速度には、容器弁をガスボンベにねじ込み固定した状態での対象機器の加振試験において動的機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
容器弁 (全域ガス消火設備用)	水平	5.0
	鉛直	3.0
容器弁 (ケーブルトレイ消火設備用)	水平	5.0
	鉛直	3.0

## 5. 評価結果

ボンベラックの構造強度評価結果及び機能維持評価を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能維持を有しており、火災を早期に消火する機能を維持することを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ポンベラック (680 2列6本用) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ポンベラック (680 2列6本用)	C	原子炉建物 EL 42.8 <sup>*1</sup>	0.038	0.050 以下	C <sub>H</sub> =2.52 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =2.46 <sup>*2</sup>	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

1.2.1 ポンベラック部材

E (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	A <sub>sx</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>sy</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	t (mm)	J (mm <sup>4</sup> )
2.02×10 <sup>5</sup>	245 (厚さ≤16mm)	400 (厚さ≤16mm)	280	2.626×10 <sup>3</sup>	1.170×10 <sup>3</sup>	1.625×10 <sup>3</sup>	4.750×10 <sup>4</sup>	2.590×10 <sup>4</sup>	13.0	1.470×10 <sup>5</sup>

1.2.2 基礎ボルト

S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	d <sub>o</sub> (mm)
235 (16<径≤40mm)	400 (16<径≤40mm)	280	20 (M20)

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 ボンベラック部材に作用する力

部材	$F_{tm}$ (N)	$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)	T (N・mm)
ボンベラック部材	$2.743 \times 10^3$	$1.902 \times 10^4$	$9.236 \times 10^2$	$2.443 \times 10^6$	$3.209 \times 10^5$	$1.397 \times 10^{-3}$

## 1.3.2 ボルトに作用する力

部材	$F_{tb}$ (N)	$F_{sb}$ (N)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )
基礎ボルト	$1.884 \times 10^4$	$8.280 \times 10^3$	314.2

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

水平方向	0.038
鉛直方向	0.050 以下

1.4.2 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
ボンベラック (680 2列6本用)	ボンベラック部材	SS400	組合せ応力	$\sigma_f = 107$	$f_{tm} = 279$
	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{tb} = 60$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 27$	$f_{sb} = 128$

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

1.4.3 動的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据付場所及び 床面高さ(m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度	機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
容器弁 (全域ガス消火設備用)	原子炉建物 EL 42.8	2.10	5.0	2.06	3.0

注記\*：設計用震度II（基準地震動Ss）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【ポンベラック (680 1列6本用) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ポンベラック (680 1列6本用)	C	原子炉建物 EL 42.8*1	0.041	0.050 以下	$C_H=2.52^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

1.2.1 ポンベラック部材

E (MPa)	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F* (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	$A_{s,x}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s,y}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_x$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_y$ (mm <sup>3</sup> )	t (mm)	J (mm <sup>4</sup> )
$2.02 \times 10^5$	245 (厚さ ≤ 16mm)	400 (厚さ ≤ 16mm)	280	$2.626 \times 10^3$	$1.170 \times 10^3$	$1.625 \times 10^3$	$4.750 \times 10^4$	$2.590 \times 10^4$	13.0	$1.470 \times 10^5$

1.2.2 基礎ボルト

$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F* (MPa)	d <sub>o</sub> (mm)
235 (16 < 径 ≤ 40mm)	400 (16 < 径 ≤ 40mm)	280	20 (M20)

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 ボンベラック部材に作用する力

部材	$F_{tm}$ (N)	$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)	T (N・mm)
ボンベラック部材	$3.568 \times 10^3$	$2.017 \times 10^4$	$9.422 \times 10^2$	$2.431 \times 10^6$	$4.096 \times 10^5$	$1.675 \times 10^{-4}$

## 1.3.2 ボルトに作用する力

部材	$F_{tb}$ (N)	$F_{sb}$ (N)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )
基礎ボルト	$1.807 \times 10^4$	$4.769 \times 10^3$	314.2

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

水平方向	0.041
鉛直方向	0.050 以下

1.4.2 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
ボンベラック (680 1列6本用)	ボンベラック部材	SS400	組合せ応力	$\sigma_f = 109$	$f_{tm} = 279$
	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{tb} = 58$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 16$	$f_{sb} = 128$

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

1.4.3 動的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据付場所及び 床面高さ(m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度	機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
容器弁 (全域ガス消火設備用)	原子炉建物 EL 42.8	2.10	5.0	2.06	3.0

注記\*：設計用震度II（基準地震動Ss）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【ボンベラック (240 壁掛 5 本用) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ボンベラック (240 壁掛 5 本用)	C	タービン建物 EL 2.0 (EL 5.5*1)	0.005	0.050 以下	$C_H=2.18^{*2}$	$C_V=1.05^{*2}$	40

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

1.2.1 ボンベラック部材

E (MPa)	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F* (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	$A_{s_x}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s_y}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_x$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_y$ (mm <sup>3</sup> )	t (mm)	J (mm <sup>4</sup> )
$2.02 \times 10^5$	245 (厚さ ≤ 16mm)	400 (厚さ ≤ 16mm)	280	$1.192 \times 10^3$	750	500	$3.760 \times 10^4$	$7.520 \times 10^3$	7.5	$1.720 \times 10^4$

1.2.2 基礎ボルト

$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F* (MPa)	d <sub>o</sub> (mm)
245 (径 ≤ 16mm)	400 (径 ≤ 16mm)	280	12 (M12)

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 ボンベラック部材に作用する力

部材	$F_{tm}$ (N)	$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)	T (N・mm)
ボンベラック部材	$1.572 \times 10^1$	$7.388 \times 10^2$	$5.175 \times 10^3$	$6.589 \times 10^4$	$5.263 \times 10^5$	$2.257 \times 10^1$

## 1.3.2 ボルトに作用する力

部材	$F_{tb}$ (N)	$F_{sb}$ (N)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )
ボルト	$3.350 \times 10^3$	$1.847 \times 10^3$	113.1

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

水平方向	0.005
鉛直方向	0.050 以下

1.4.2 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
ボンベラック (240 壁掛 5 本用)	ボンベラック部材	SS400	組合せ応力	$\sigma_f = 31$	$f_{tm} = 279$
	ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{tb} = 30$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 17$	$f_{sb} = 128$

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

1.4.3 動的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据付場所及び 床面高さ (m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		機能維持評価用加速度*2	機能確認済加速度	機能維持評価用加速度*2	機能確認済加速度
容器弁 (全域ガス消火設備用)	タービン建物 EL 2.0 (EL 5.5*1)	1.82	5.0	0.89	3.0
容器弁 (ケーブルトレイ消火設備用)	原子炉建物 EL 42.8 (EL 51.7*1)	2.93	5.0	2.04	3.0

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ss）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 【ボンベラック (240 1列2本用) の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ボンベラック (240 1列2本用)	C	原子炉建物 EL 8.8*1	0.034	0.050 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.16^{*2}$	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

## 1.2 機器要目

## 1.2.1 ボンベラック部材

E (MPa)	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	$A_{s_x}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s_y}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_x$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_y$ (mm <sup>3</sup> )	t (mm)	J (mm <sup>4</sup> )
$2.02 \times 10^5$	245 (厚さ ≤ 16mm)	400 (厚さ ≤ 16mm)	280	752.7	390	390	$6.260 \times 10^3$	$6.260 \times 10^3$	6.0	$8.920 \times 10^3$

## 1.2.2 基礎ボルト

$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)	$d_o$ (mm)
245 (径 ≤ 16mm)	400 (径 ≤ 16mm)	280	12 (M12)

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 ボンベラック部材に作用する力

部材	$F_{tm}$ (N)	$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)	T (N・mm)
ボンベラック部材	$1.311 \times 10^3$	$1.528 \times 10^3$	$9.015 \times 10^1$	$2.326 \times 10^5$	$1.006 \times 10^4$	$1.687 \times 10^3$

## 1.3.2 ボルトに作用する力

部材	$F_{tb}$ (N)	$F_{sb}$ (N)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )
基礎ボルト	$9.807 \times 10^2$	$3.384 \times 10^3$	113.1

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

水平方向	0.034
鉛直方向	0.050 以下

1.4.2 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
ボンベラック (240 1列2本用)	ボンベラック部材	SS400	組合せ応力	$\sigma_f = 42$	$f_{tm} = 279$
	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{tb} = 9$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 30$	$f_{sb} = 128$

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

1.4.3 動的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据付場所及び 床面高さ(m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度	機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
容器弁 (全域ガス消火設備用)	原子炉建物 EL 8.8	1.29	5.0	0.96	3.0

注記\*：設計用震度II（基準地震動Ss）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 【ボンベラック (680 2列5本用) の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ボンベラック (680 2列5本用)	C	ガスタービン発電機建物 EL 47.5 (EL 54.5*1)	0.039	0.050 以下	C <sub>H</sub> =2.57*2	C <sub>V</sub> =1.23*2	40

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

## 1.2 機器要目

## 1.2.1 ボンベラック部材

E (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	A <sub>sx</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>sy</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	t (mm)	J (mm <sup>4</sup> )
2.02×10 <sup>5</sup>	245 (厚さ≤16mm)	400 (厚さ≤16mm)	280	1.958×10 <sup>3</sup>	1.400×10 <sup>3</sup>	600	6.050×10 <sup>4</sup>	1.880×10 <sup>4</sup>	8.0	3.640×10 <sup>4</sup>

## 1.2.2 基礎ボルト

S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	d <sub>o</sub> (mm)
245 (径≤16mm)	400 (径≤16mm)	280	16 (M16)

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 ボンベラック部材に作用する力

部材	$F_{tm}$ (N)	$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)	T (N・mm)
ボンベラック部材	$2.599 \times 10^2$	$9.022 \times 10^2$	$3.892 \times 10^3$	$1.985 \times 10^5$	$2.557 \times 10^5$	$2.879 \times 10^5$

## 1.3.2 ボルトに作用する力

部材	$F_{tb}$ (N)	$F_{sb}$ (N)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )
基礎ボルト	$8.029 \times 10^3$	$2.644 \times 10^3$	201.1



## 1.4 結論

## 1.4.1 固有振動数 (単位：s)

水平方向	0.039
鉛直方向	0.050 以下

## 1.4.2 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
ボンベラック (680 2列5本用)	ボンベラック部材	SS400	組合せ応力	$\sigma_f = 123$	$f_{tm} = 279$
	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{tb} = 40$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 14$	$f_{sb} = 128$

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

## 1.4.3 動的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据付場所及び 床面高さ(m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		機能維持評価用加速度*2	機能確認済加速度	機能維持評価用加速度*2	機能確認済加速度
容器弁 (全域ガス消火設備用)	ガスタービン発電機建物 EL 47.5 (EL 54.5*1)	2.15	5.0	1.02	3.0

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ss）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-別添1-3-2 選択弁の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有値確認及び構造強度評価	3
3.1 固有値確認及び構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 解析モデル及び諸元	5
3.4 固有周期	8
3.5 設計用地震力	10
4. 機能維持評価	11
4.1 動的機能維持評価方法	11
5. 評価結果	12

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添1-1「火災防護設備の耐震計算の基本方針」（以下「VI-2-別添1-1」という。）に示すとおり、選択弁ラック及び選択弁が基準地振動 $S_s$ による地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を維持していることを確認するものである。

## 2. 一般事項

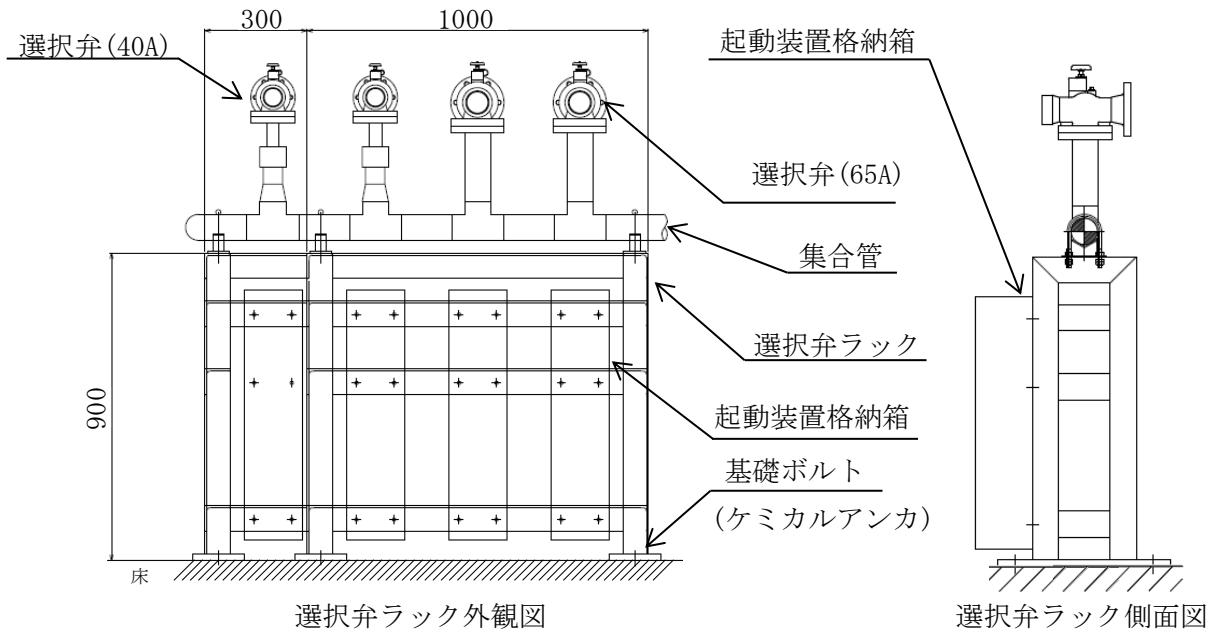
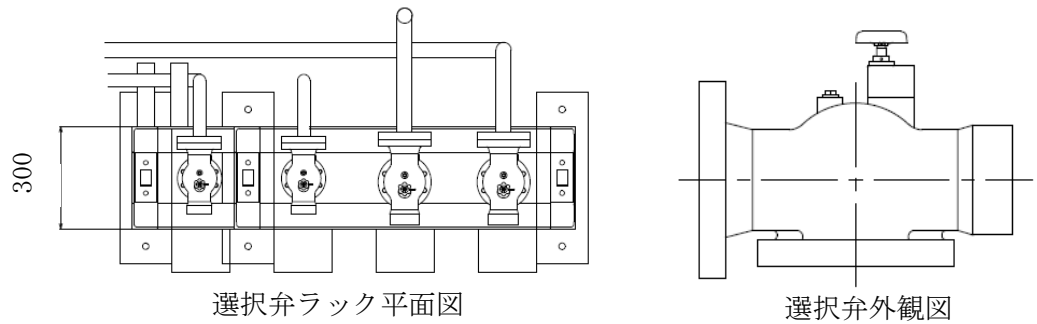
### 2.1 構造計画

選択弁ラック及び選択弁の構造計画を表 2-1 に示す。

選択弁ラック及び選択弁は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

表 2-1 選択弁の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
選択弁は、集合管に取り付けて固定する。 集合管及び起動装置格納箱は、選択弁ラックに固定し、選択弁ラックは基礎ボルトにて基礎に設置する。	選択弁、 集合管及び 選択弁ラック (直立形)	図 2-1



(単位：mm)

図 2-1 選択弁の概要図

### 3. 固有値確認及び構造強度評価

選択弁の固有周期及び構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 の「4. 固有周期」及び「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に基づき、3次元FEMモデルによる解析及び正弦波掃引試験により固有周期及び構造強度を評価する。

#### 3.1 固有値確認及び構造強度評価方法

##### 3.1.1 固有値確認方法

① 選択弁ラックの確認方法

対象部位である選択弁ラックについて、3次元FEMモデルによる解析を実施する。

② 選択弁の確認方法

選択弁は、正弦波掃引試験を実施する。

##### 3.1.2 構造強度評価方法

選択弁ラックの構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 の「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 1-1 の「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、選択弁ラックの評価対象部位ごとに設定する。選択弁ラックの荷重の組合せ及び許容応力状態を表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力及び使用材料の許容応力評価条件

選択弁ラックにおける許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 に示す。また、選択弁ラック及び基礎ボルトの許容応力評価条件を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	選択弁ラック	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)		許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力		一次応力	
	組合せ	引張	せん断	
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3 許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価対象部位	材料	温度条件 (°C)	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
選択弁ラック部材	SS400 (厚さ $\leq 16\text{mm}$ )	40 (周囲環境温度)	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (径 $\leq 16\text{mm}$ )	40 (周囲環境温度)	245	400	280

### 3.3 解析モデル及び諸元

選択弁ラックの解析モデルを図 3-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表 3-4 及び本計算書の【選択弁ラックの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 選択弁ラックを構成する部材をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 拘束条件は、基礎ボルト部を並進 3 方向拘束とする。
- (3) 選択弁、集合管及び起動装置格納箱の質量はそれを支持している選択弁ラックの質量に付加する。また、起動装置格納箱はモデル化せず、質量のみ考慮する。
- (4) 固有値解析する際は、配管質量を支持点位置に集中質量として付加し、構造強度評価する際は、配管反力を支持点位置に付加する。
- (5) 起動装置格納箱と選択弁ラック部材は接続ボルト位置で剛体要素によって接続する。
- (6) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



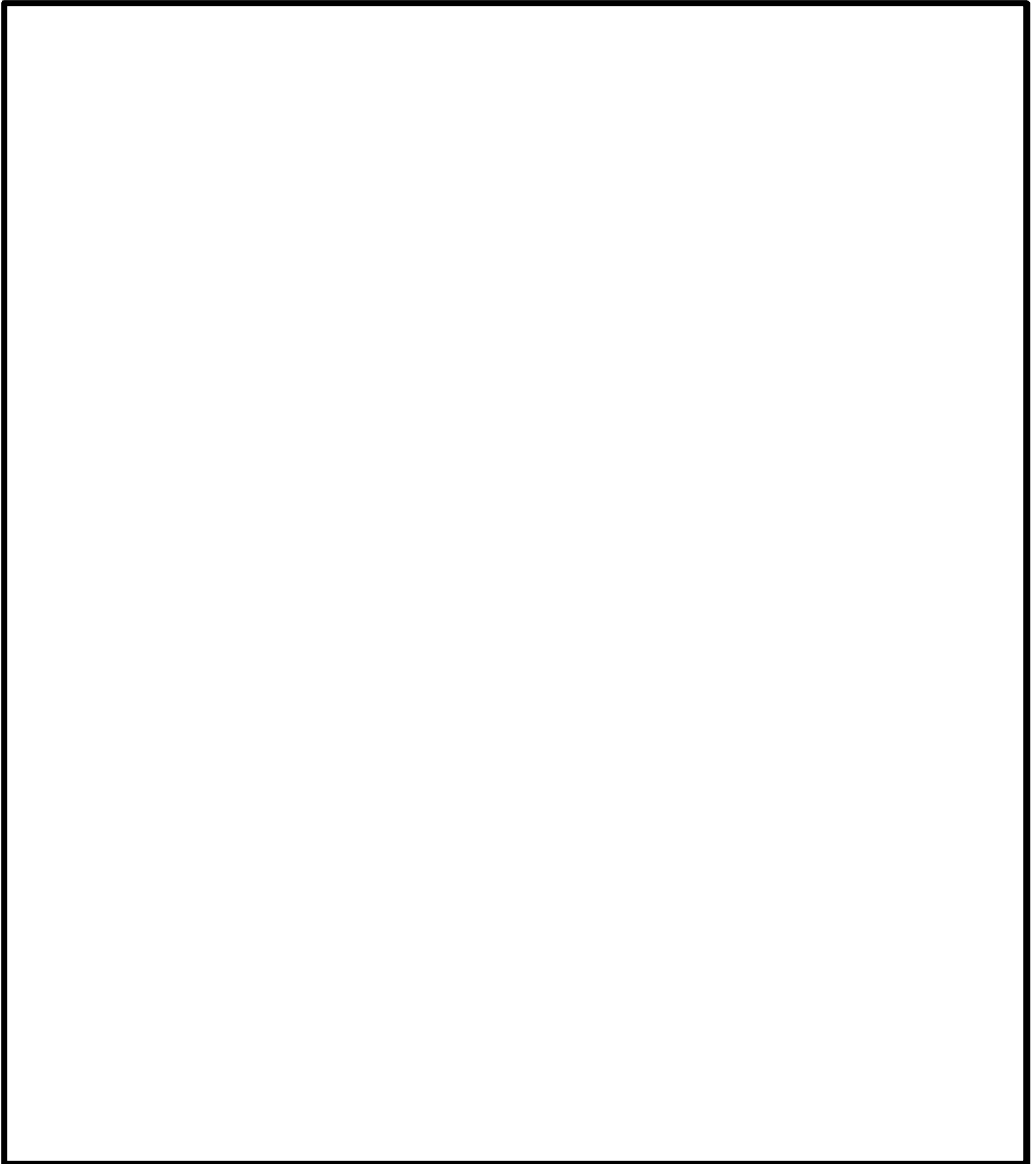


図 3-1 選択弁ラックの解析モデル

表 3-4 解析モデルの諸元

	番号	材料	諸元 (数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
						強軸	弱軸
選択弁ラック 部材	①	SS400	L75×75×6	$2.02 \times 10^5$	872.7	$4.61 \times 10^5$	$4.61 \times 10^5$
	②	SS400	L50×50×6	$2.02 \times 10^5$	564.4	$1.26 \times 10^5$	$1.26 \times 10^5$
基礎 ボルト	③	SS400	M16	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	—	40	—	—	—	—
質量 (kg)	—	—	329	—	—	—	—
ポアソン比	—	—	0.3	—	—	—	—

### 3.4 固有周期

選択弁ラックの固有値解析の結果を「3.4.1 選択弁ラック」に、選択弁の加振試験結果を「3.4.2 選択弁」に示す。

#### 3.4.1 選択弁ラック

選択弁ラックの固有値確認結果を表 3-5、振動モード図を図 3-2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

#### 3.4.2 選択弁

選択弁の加振試験結果を表 3-6 に示す。表 3-6 より、選択弁は剛であることを確認した。

表 3-5 選択弁ラックの固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			短辺方向	長辺方向	
1次	水平	0.025	—	—	—

表 3-6 選択弁の固有周期

機器名称	方向	固有周期* (s)
選択弁	水平	0.031
	鉛直	0.030

注記\*：正弦波掃引試験により確認

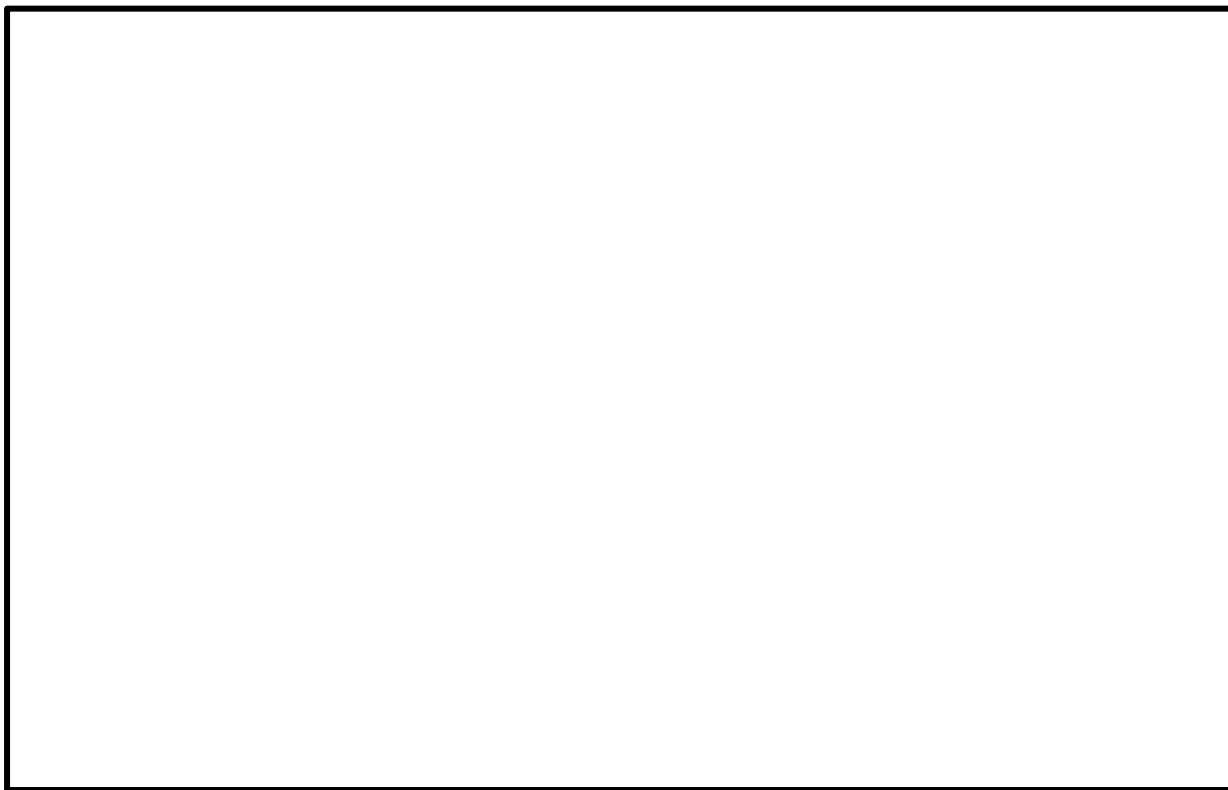


図 3-2 選択弁ラックの振動モード図 (1次)

### 3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-7 に示す。選択弁ラックの耐震計算に用いる設計用地震力については、VI-2-1-7「設計用応答スペクトルの作成方針」に基づく。

表 3-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	基準地震動 S <sub>s</sub>	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 23.80 <sup>*1</sup>	C <sub>H</sub> =1.73 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =2.08 <sup>*3</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度とする。

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

選択弁は、VI-2-別添 1-1 の「6. 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

機能確認済加速度には、対象機器の加振試験において動的機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
選択弁 40A	水平	5.0
	鉛直	3.0
選択弁 65A	水平	5.0
	鉛直	3.0

## 5. 評価結果

選択弁ラック及び選択弁の構造強度評価結果及び機能維持評価を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能維持を有しており，火災を早期に消火する機能を維持することを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【選択弁ラックの耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
選択弁ラック	C	原子炉建物 EL 23.80*1	0.025	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.73*2	C <sub>V</sub> =2.08*3	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度とする。

## 1.2 機器要目

## 1.2.1 選択弁ラック

部材	E (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	A <sub>sx</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>sy</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )
L75×75×6	202000	245 (厚さ≦16mm)	400 (厚さ≦16mm)	280	872.7	450	450	8.470×10 <sup>3</sup>	8.470×10 <sup>3</sup>
L50×50×6	202000	245 (厚さ≦16mm)	400 (厚さ≦16mm)	280	564.4	300	300	3.550×10 <sup>3</sup>	3.550×10 <sup>3</sup>

## 1.2.2 基礎ボルト

S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	d <sub>o</sub> (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>sb</sub> (N)	F <sub>tb</sub> (N)
245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)	280	16 (M16)	201	3.052×10 <sup>3</sup>	8.692×10 <sup>3</sup>



## 1.3 計算数値

## 1.3.1 選択弁ラックに作用する部材力

部材	$F_{tm}$ (N)	$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	T (N・mm)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)
L75×75×6	$9.476 \times 10^3$	$3.833 \times 10^3$	623	213	$3.350 \times 10^3$	$6.263 \times 10^5$

## 1.3.2 基礎ボルトに作用する部材力

部材	$F_{sb}$ (N)	$F_{tb}$ (N)
M16	$3.052 \times 10^3$	$8.692 \times 10^3$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

水平方向	0.025
鉛直方向	0.05 以下

1.4.2 応力

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
選択弁ラック	選択弁ラック部材	SS400	組合せ応力	$\sigma_f = 87$	$f_{tm} = 279$
	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{tb} = 44$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 16$	$f_{sb} = 128$

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

15

1.4.3 動的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度	機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
選択弁 40A	原子炉建物 EL 23.80m	4.50	5.0	1.79	3.0
選択弁 65A		3.54	5.0	1.79	3.0

注記\*：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る加速度とする。  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-別添 1-3-3 制御盤の耐震性についての計算書

## 目 次

1.	概要 .....	1
2.	一般事項 .....	1
2.1	構造計画 .....	1
3.	固有周期 .....	3
3.1	固有周期の確認方法 .....	3
3.2	固有周期の確認結果 .....	3
3.3	設計用地震力 .....	4
4.	構造強度評価 .....	4
4.1	構造強度評価方法 .....	4
4.2	荷重の組合せ及び許容応力 .....	4
4.3	計算条件 .....	4
5.	機能維持評価 .....	7
5.1	電氣的機能維持評価方法 .....	7
6.	評価結果 .....	8

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の基本方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）に示すとおり、制御盤（全域ガス消火設備）が基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を維持することを説明するものである。

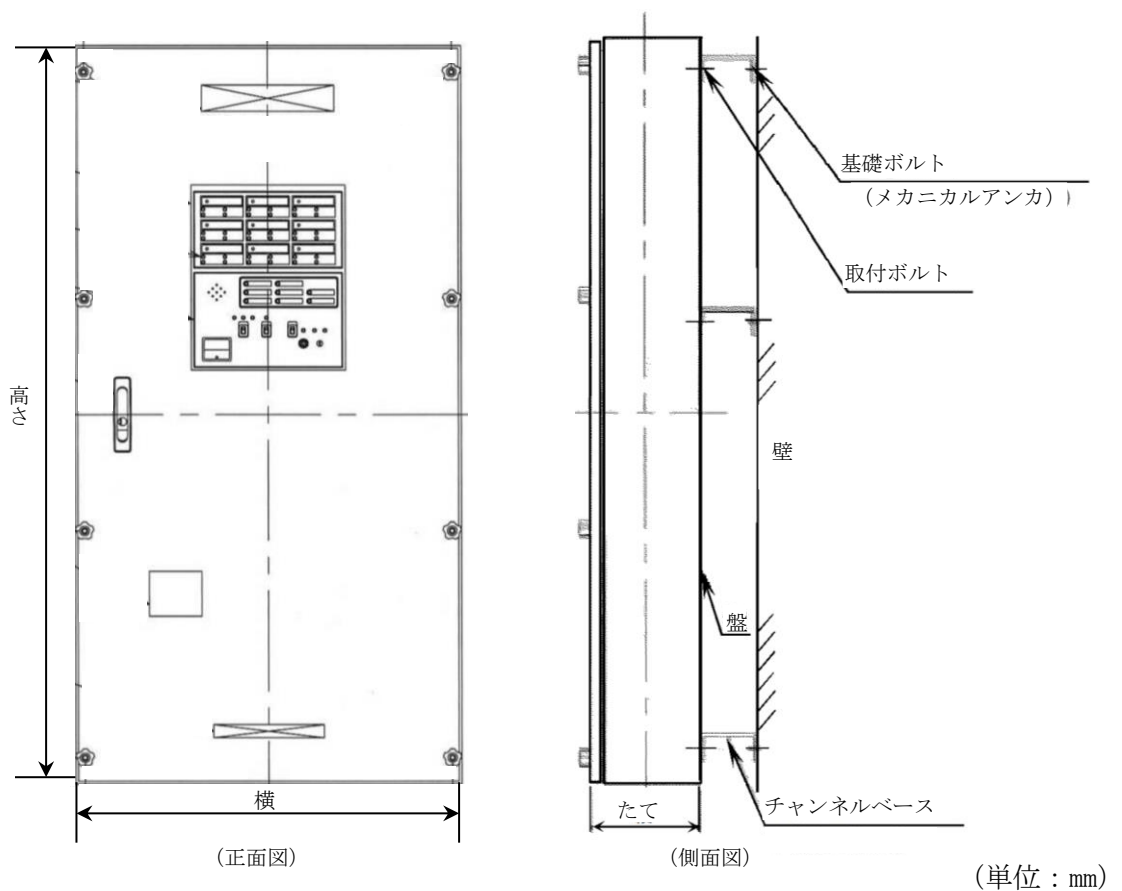
## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

制御盤（全域ガス消火設備）の構造計画を表 2-1 に、制御盤（全域ガス消火設備）の概要図を図 2-1 に示す。

表 2-1 火災防護設備のうち制御盤（全域ガス消火設備）の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
制御盤（全域ガス消火設備）は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて壁に設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を 組み合わせた壁掛 形の盤）	図 2-1



機器名称	制御盤（全域ガス消火設備） 自動3回線	制御盤（全域ガス消火設備） 自動9回線
たて	200	200
横	550	700
高さ	950	1400

図 2-1 制御盤（全域ガス消火設備）の概要図

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認方法

制御盤（全域ガス消火設備）の固有周期は、VI-2-別添 1-1 の「4. 固有周期」に示す算出方法に基づき、実機の据付状態を模擬した振動試験（正弦波掃引試験）の結果算定された固有周期を使用する。

#### 3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

制御盤（全域ガス消火設備）の固有周期は、0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表3-1 固有周期

(単位 : s)

盤名称	方向	固有周期
制御盤（全域ガス消火設備） 自動3回線	水平	0.023
	鉛直	0.021
制御盤（全域ガス消火設備） 自動9回線	水平	0.030 以下
	鉛直	0.030 以下

### 3.3 設計用地震力

制御盤（全域ガス消火設備）の評価に用いる「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 構造強度評価方法

制御盤（全域ガス消火設備）は、VI-2-別添 1-1 の「5.1 構造強度評価方法」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 1-1 の「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

#### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、制御盤（全域ガス消火設備）の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

制御盤（全域ガス消火設備）の基礎ボルト及び取付ボルトにおける許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。また、基礎ボルト及び取付ボルトの評価条件を表 4-3 に示す。

### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【制御盤（全域ガス消火設備）自動 3 回線の耐震性についての計算結果】【制御盤（全域ガス消火設備）自動 9 回線の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他 発電用原子炉 の附属施設	火災 防護設備	制御盤（全域ガス消火設備）	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SWRCH8A*	周囲環境温度	40	235	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記\* : SS400 相当 (16mm&lt;径≦40mm)

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

制御盤（全域ガス消火設備）は、VI-2-別添 1-1 の「6. 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

制御盤（全域ガス消火設備）に設置される器具の機能維持確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
制御盤（全域ガス消火設備） 自動 3 回線	水平	4.4
	鉛直	2.9
制御盤（全域ガス消火設備） 自動 9 回線	水平	4.4
	鉛直	2.2

## 6. 評価結果

制御盤（全域ガス消火設備）の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を維持することを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

S2 補 VI-2-別添 1-3-3 R1

【制御盤（全域ガス消火設備）自動3回線の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)		固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
制御盤（全域ガス消火設備） 自動3回線	C	タービン建物*1 EL 12.5 (EL 20.6*3)	B-ディーゼル 燃料貯蔵タンク 格納槽*2 EL 15.3*3	0.023	0.021	—	—	C <sub>H</sub> =3.80*4	C <sub>V</sub> =4.29*4	40

注記\*1：最も水平方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S s により定まる応答加速度を用いる。

\*2：最も鉛直方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S s により定まる応答加速度を用いる。

\*3：基準床レベルを示す。

\*4：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	55	164.4	16 (M 16)	201.1	4	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)
取付ボルト (i=2)	45	62.8	12 (M 12)	113.1	6	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

6

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	459.4	825	450	2	2	—	280	—	前後方向
	459.4	825	450	2	—				
取付ボルト (i=2)	459.4	825	360	3	2	—	280	—	前後方向
	459.4	825	360	3	—				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	854.9	—	3.513×10 <sup>3</sup>
取付ボルト (i=2)	—	370.5	—	2.874×10 <sup>3</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=128$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=160$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

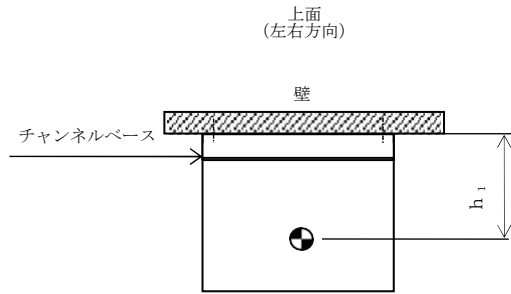
(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御盤 (全域ガス消火設備) 自動3回線	水平方向	2.23	4.4
	鉛直方向	2.60	2.9

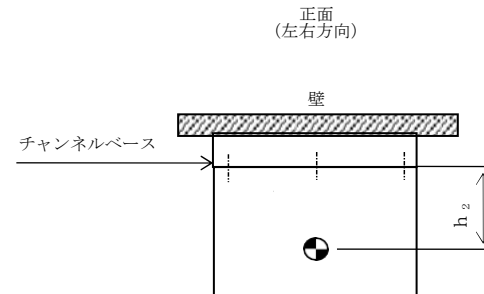
注記\*：設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

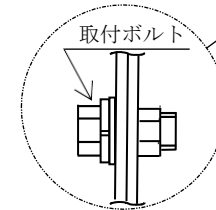
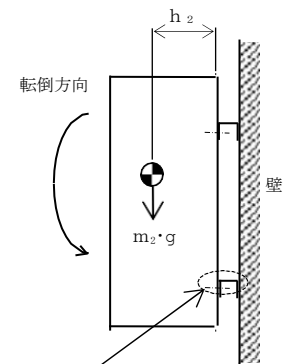
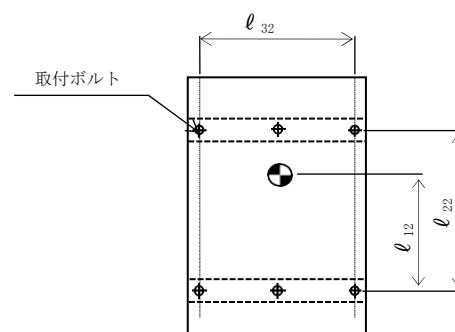
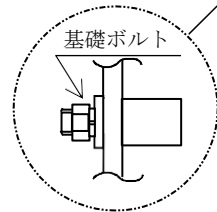
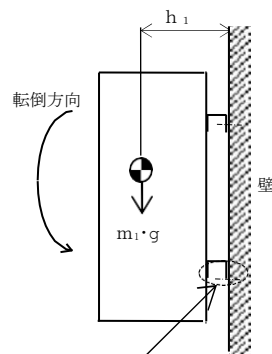
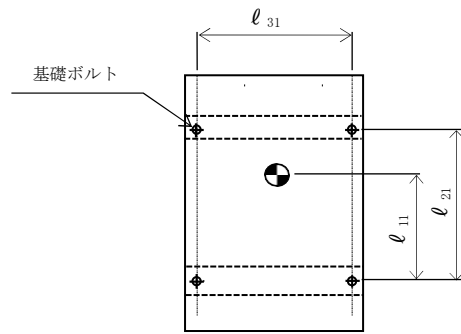
S2 補 VI-2-別添 1-3-3 R1



側面  
(前後方向)



側面  
(前後方向)



【制御盤（全域ガス消火設備）自動9回線の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)		固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
制御盤（全域ガス消火設備）自動9回線	C	タービン建物*1 EL 12.5 (EL 20.6*3)	原子炉建物*2 EL 42.8 (EL 51.7*3)	0.030 以下	0.030 以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.80*4	C <sub>V</sub> =2.46*4	40

注記\*1：最も水平方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる応答加速度を用いる。

\*2：最も鉛直方向設計震度が大きい据付場所における基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる応答加速度を用いる。

\*3：基準床レベルを示す。

\*4：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	150	181.8	16 (M 16)	201.1	6	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)
取付ボルト (i=2)	130	80.2	12 (M 12)	113.1	9	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> * (mm)	n <sub>f H i</sub> * (mm)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	697.4	1275	600	2	3	—	280	—	前後方向
	697.4	1275	600	2	—				
取付ボルト (i=2)	697.4	1275	510	3	3	—	280	—	前後方向
	697.4	1275	510	3	—				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	1.892×10 <sup>3</sup>	—	7.560×10 <sup>3</sup>
取付ボルト (i=2)	—	975.8	—	6.552×10 <sup>3</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SWRCH8A	引張	—	—	$\sigma_{b1}=10$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=128$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=160$

注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

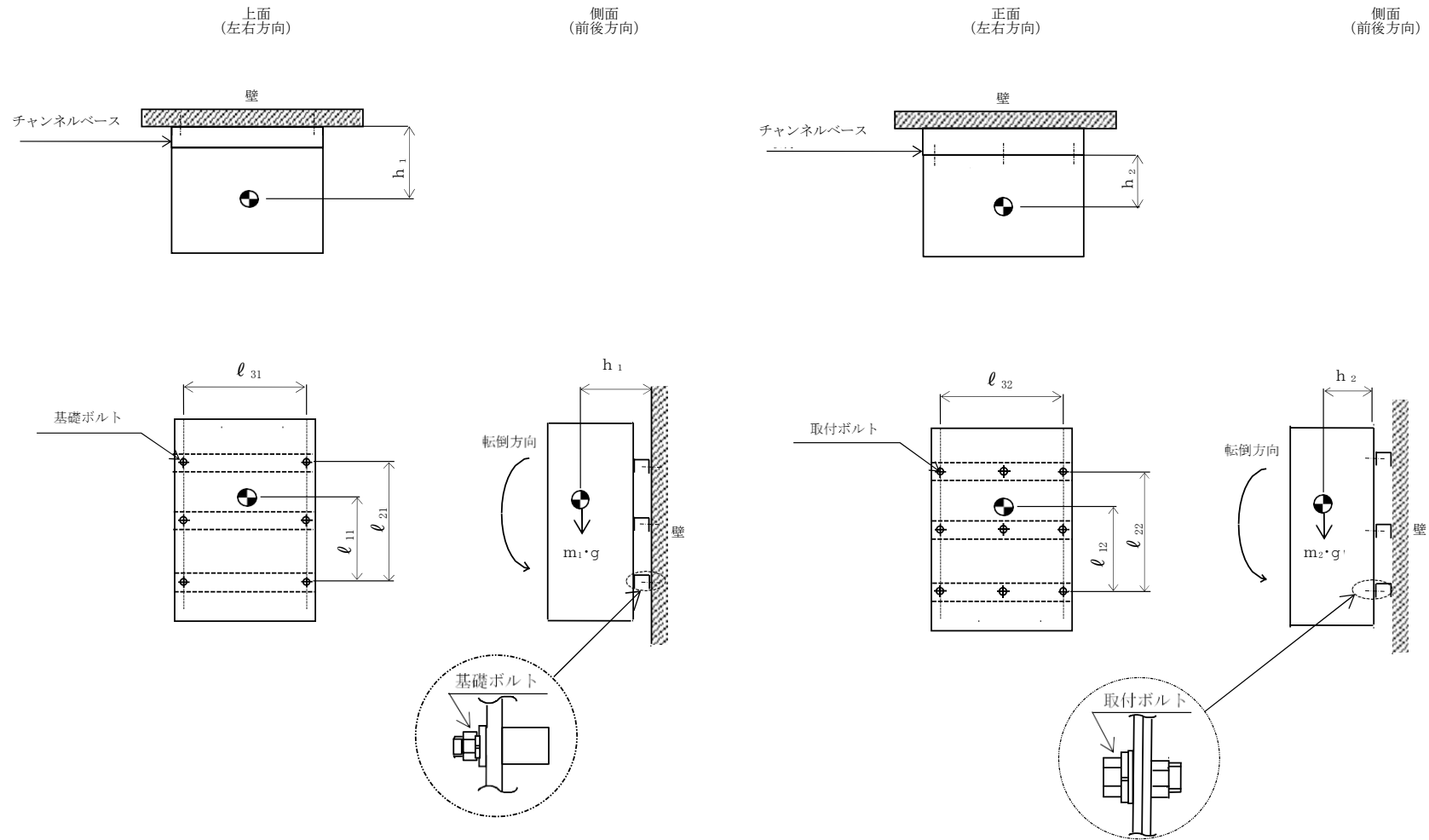
(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御盤 (全域ガス消火設備) 自動9回線	水平方向	3.17	4.4
	鉛直方向	2.06	2.2

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

S2 補 VI-2-別添 1-3-3 R1E



VI-2-別添 1-3-4 管の耐震性についての計算書（消火設備）

## 目 次

1. 概要	1
1.1 耐震解析による評価	1
1.2 加振試験による評価	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	38
3. 計算条件	42
3.1 計算方法	42
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	42
3.3 設計条件	42
3.4 材料及び許容応力	45
3.5 設計用地震力	45
4. 解析結果及び評価	46
4.1 固有周期及び設計震度	46
4.2 評価結果	49

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の基本方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### 1.1 耐震解析による評価

#### (1) 管（ハロゲン化物消火設備）

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.3 に記載する。

#### (2) 支持構造物（ハロゲン化物消火設備）





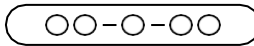
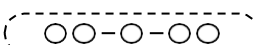


工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとに反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

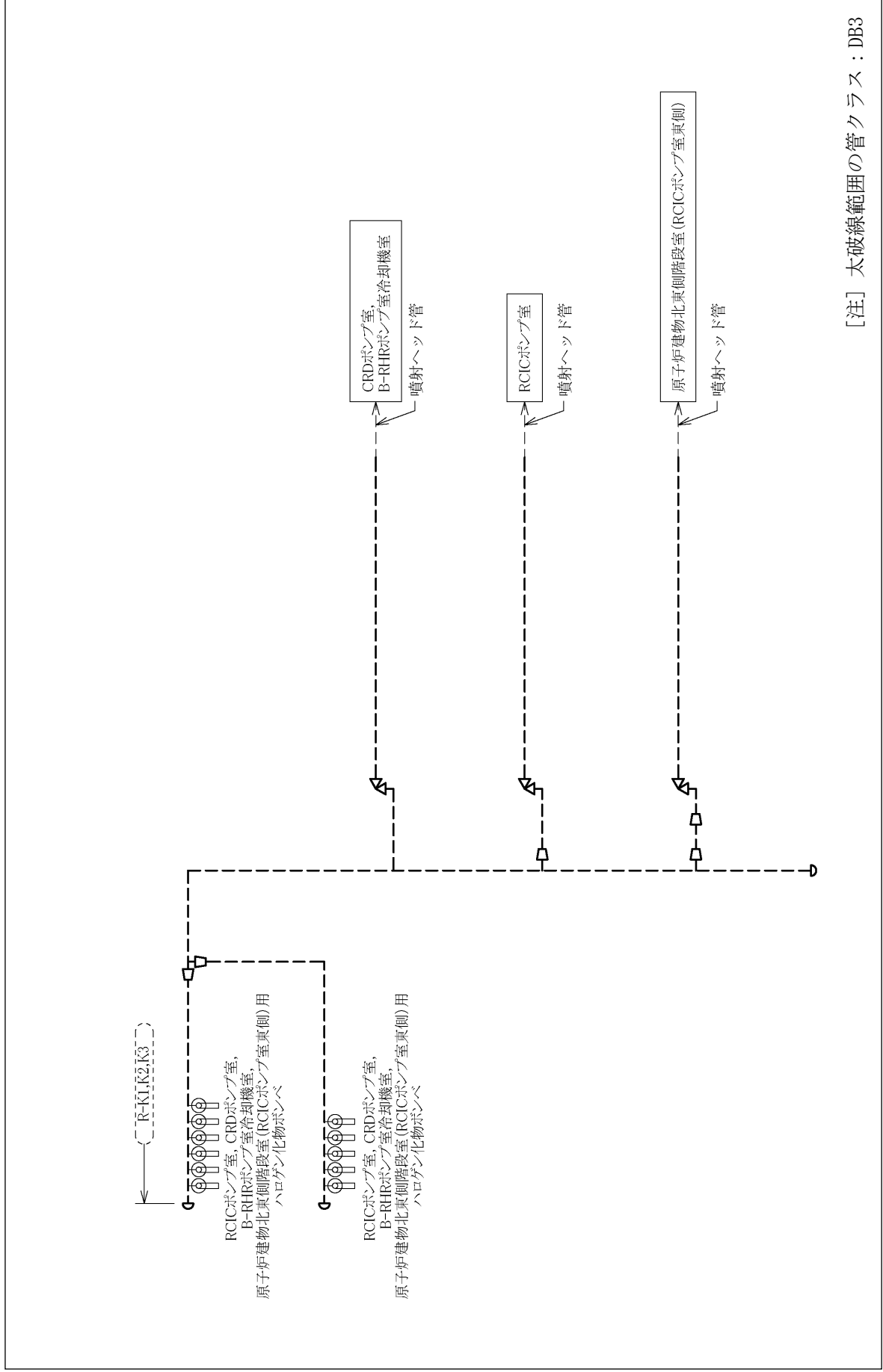
### 1.2 加振試験による評価

消火配管のうち、ケーブルトレイ消火設備の管については、材料の特性上、構造強度評価が困難であることから、基準地震動  $S_s$  による耐震性を有していることを消火配管設置位置での加速度と加振台の最大加速度との比較により評価する。

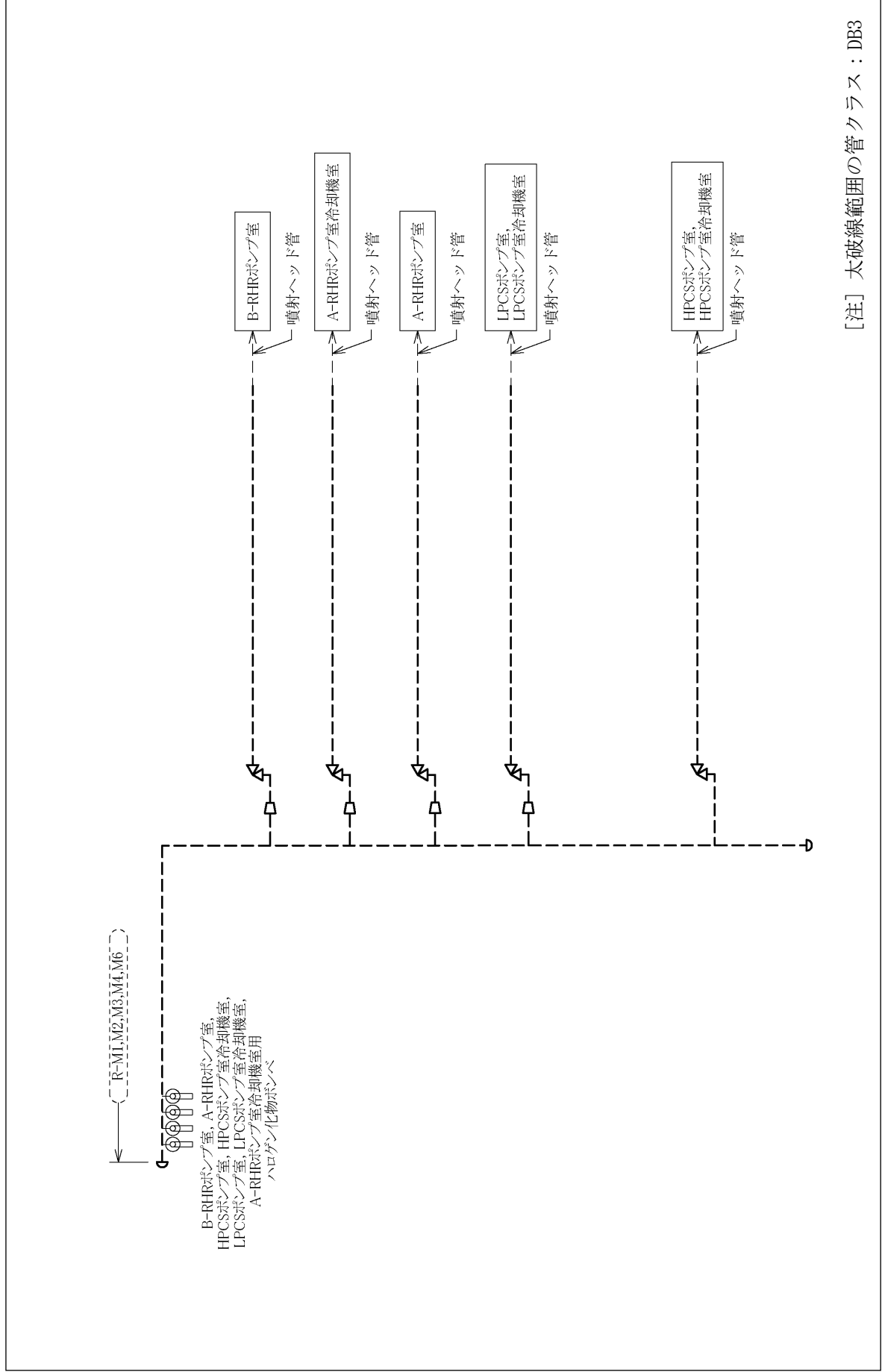
## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち他系統の管であって、系統の概略を示すために 表記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
DB1	クラス1管
DB2	クラス2管
DB3	クラス3管
DB4	クラス4管
SA2	重大事故等クラス2管
SA3	重大事故等クラス3管
DB1/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス1管
DB2/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス2管
DB3/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス3管
DB4/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス4管
D	キャップ
	ハロゲン化物ポンベ

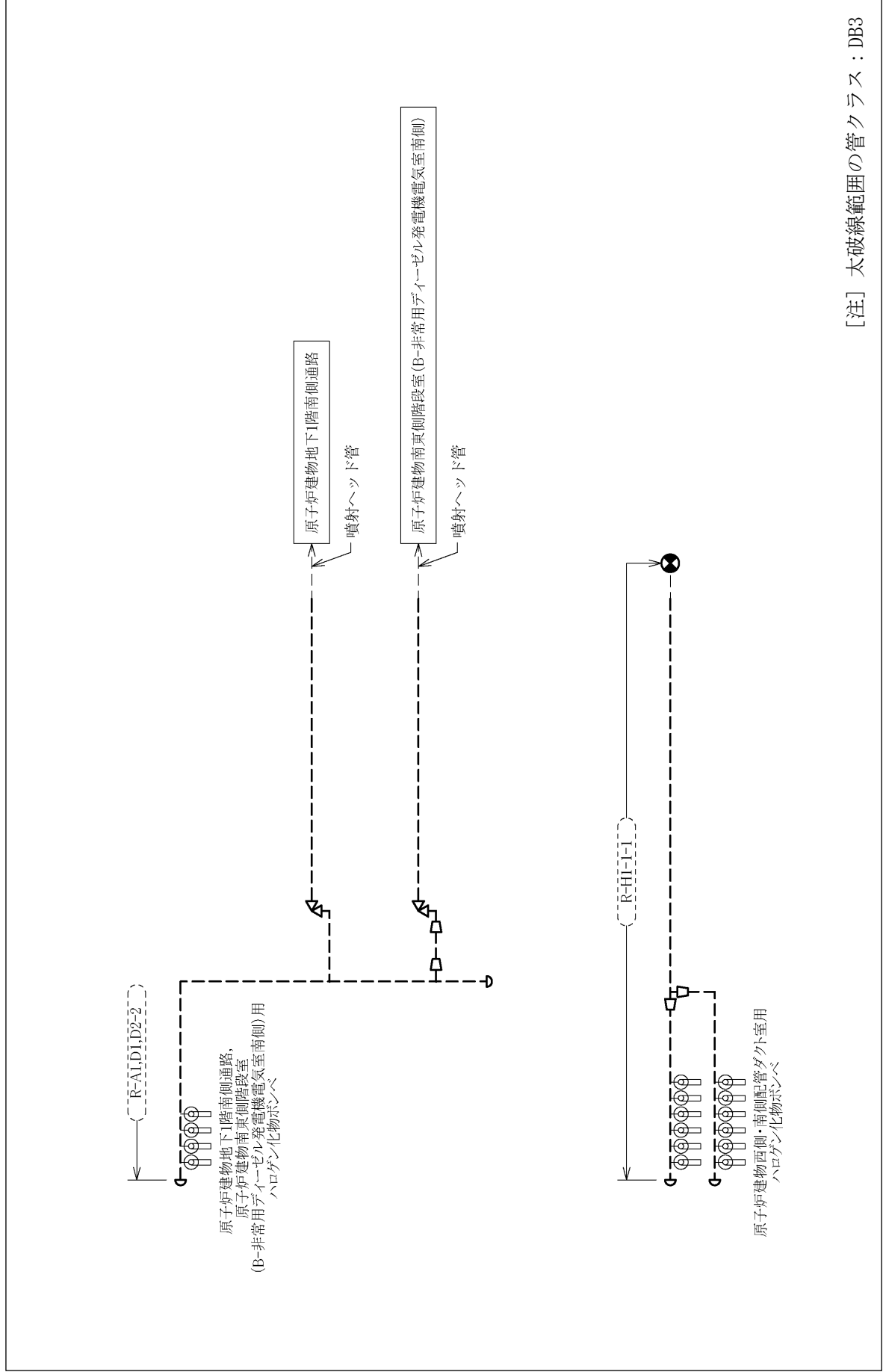


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

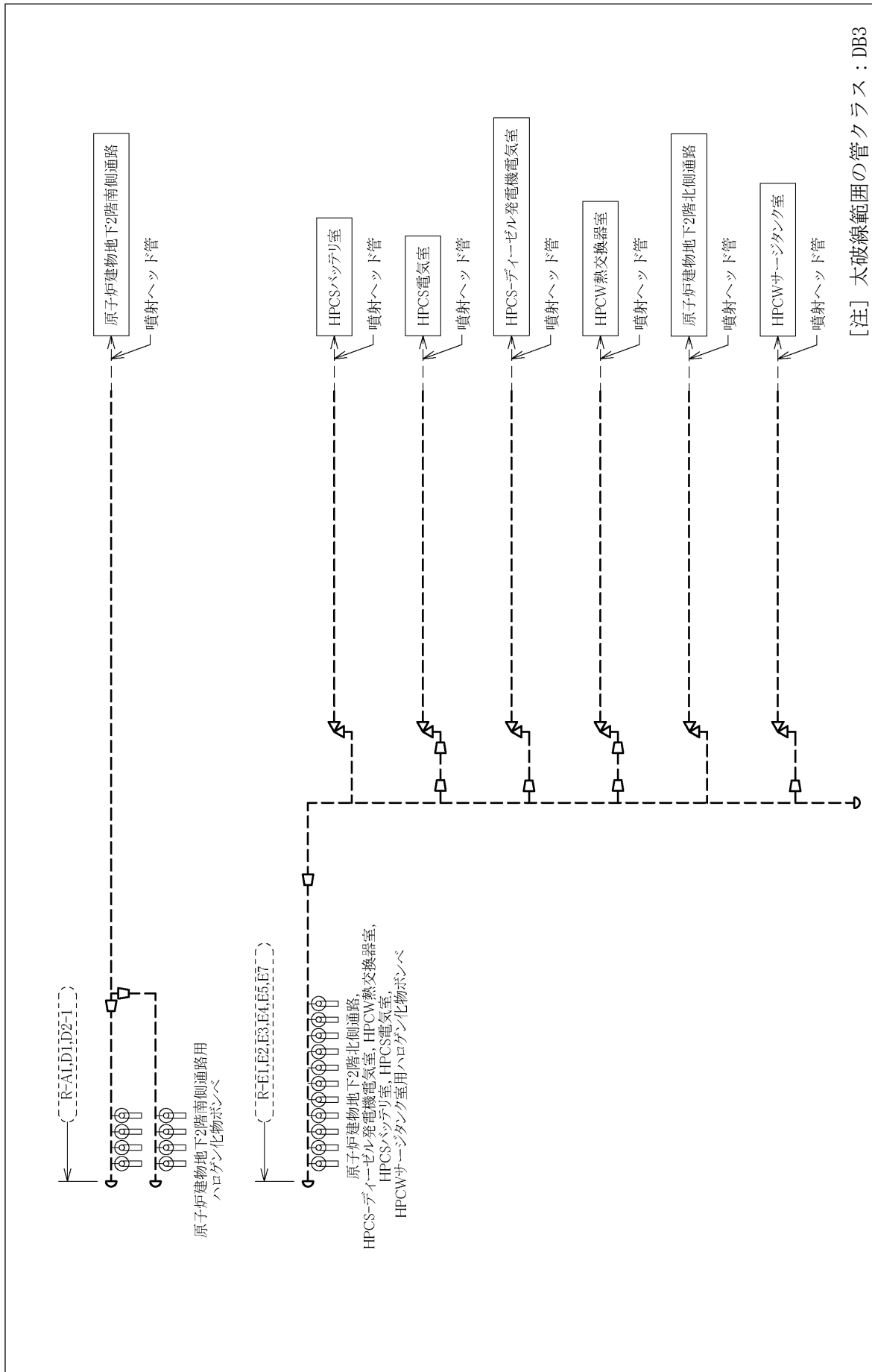


ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その2)

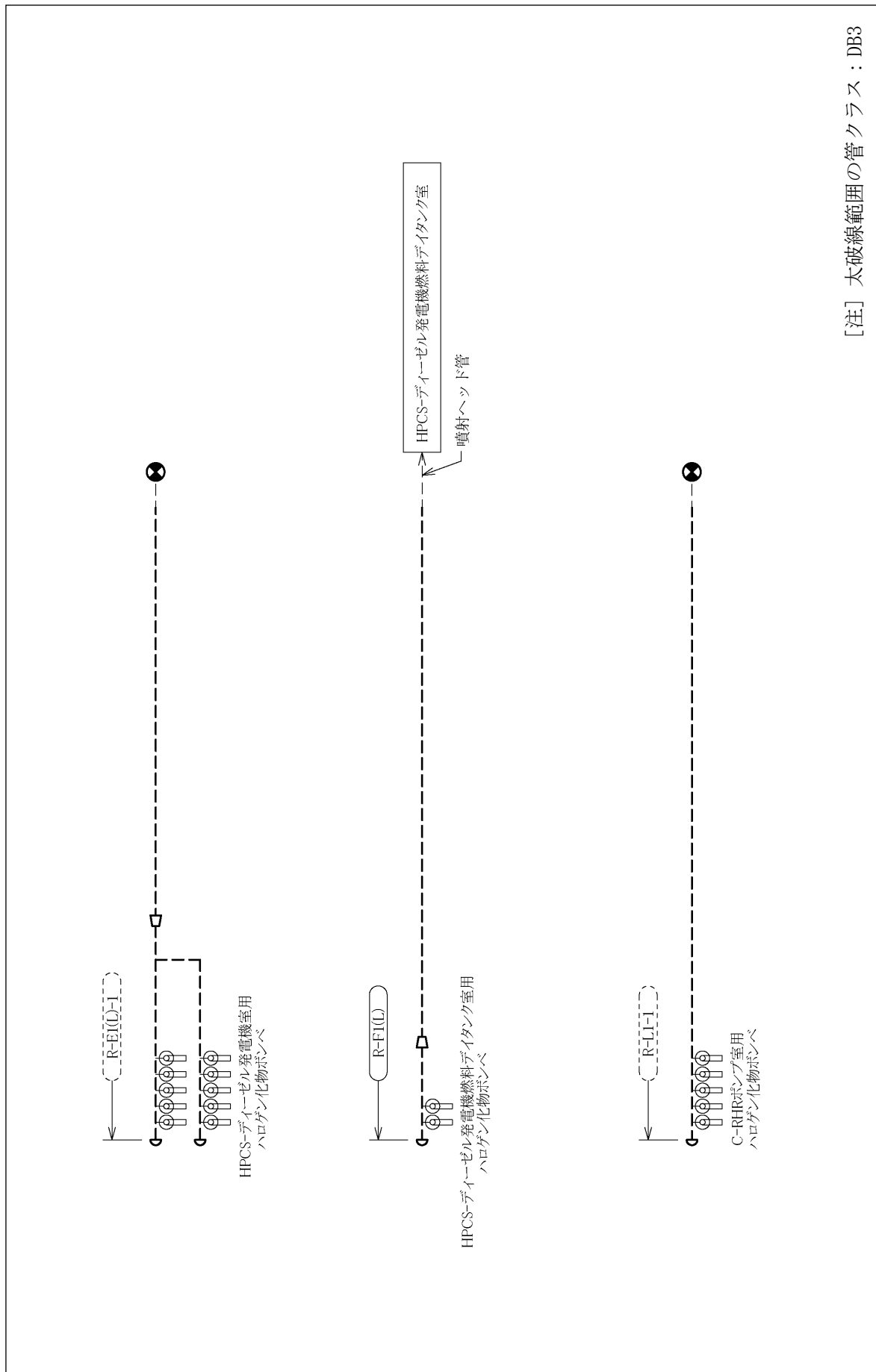




[注] 太破線範囲の管クラス : DB3

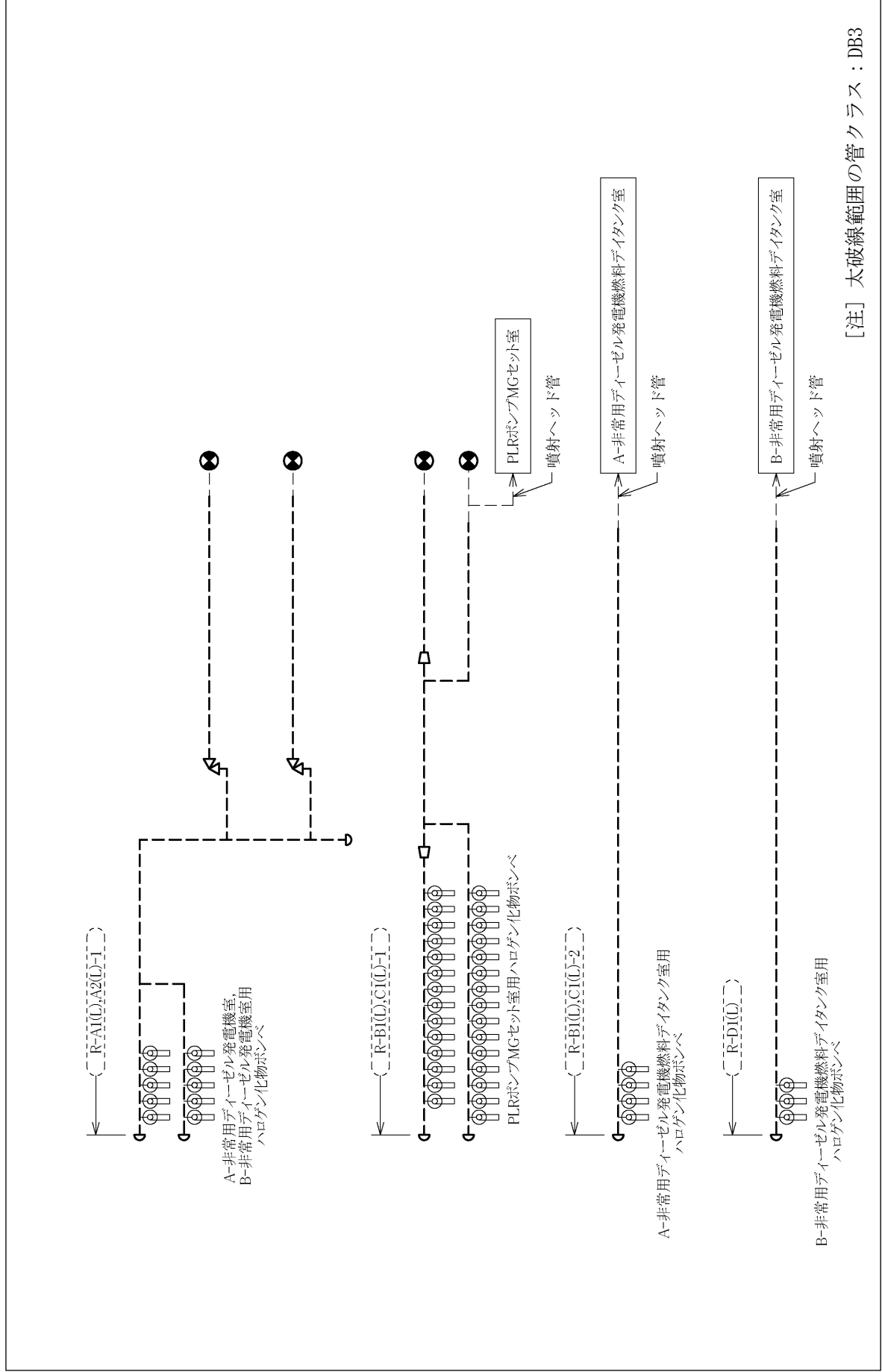


ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その4)

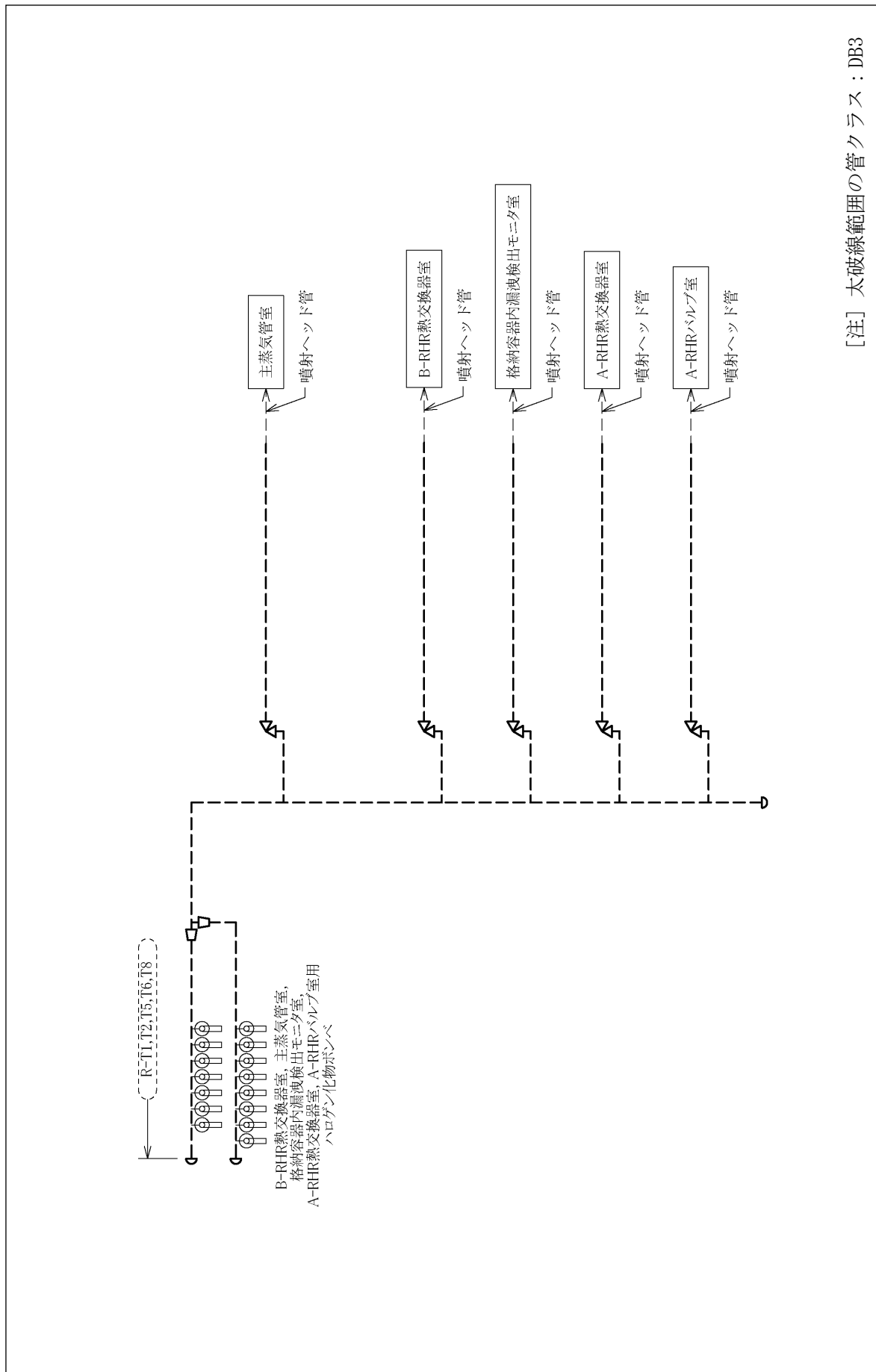


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その5)

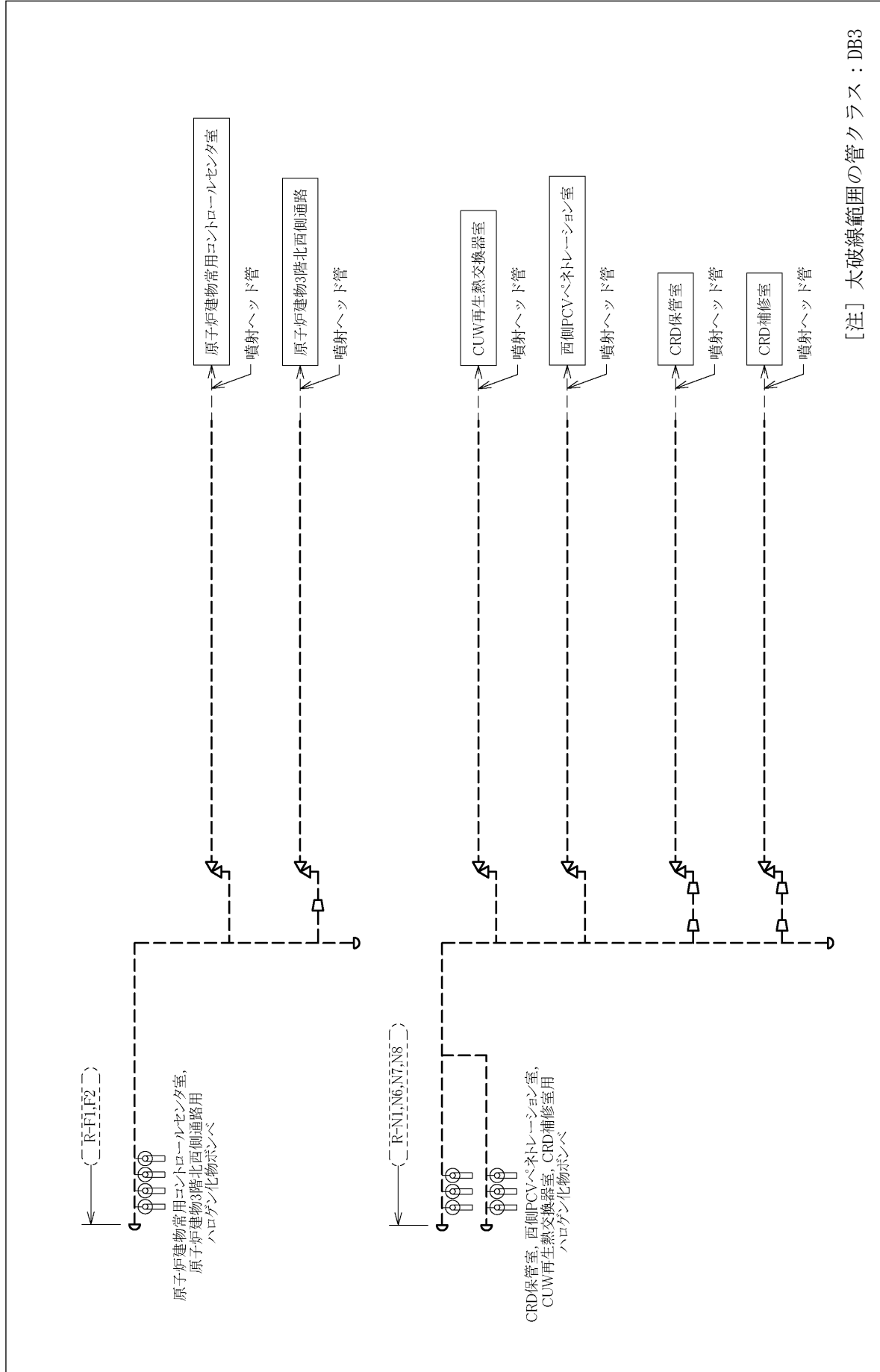


ハロゲン化物物消火設備 概略系統図 (その6)

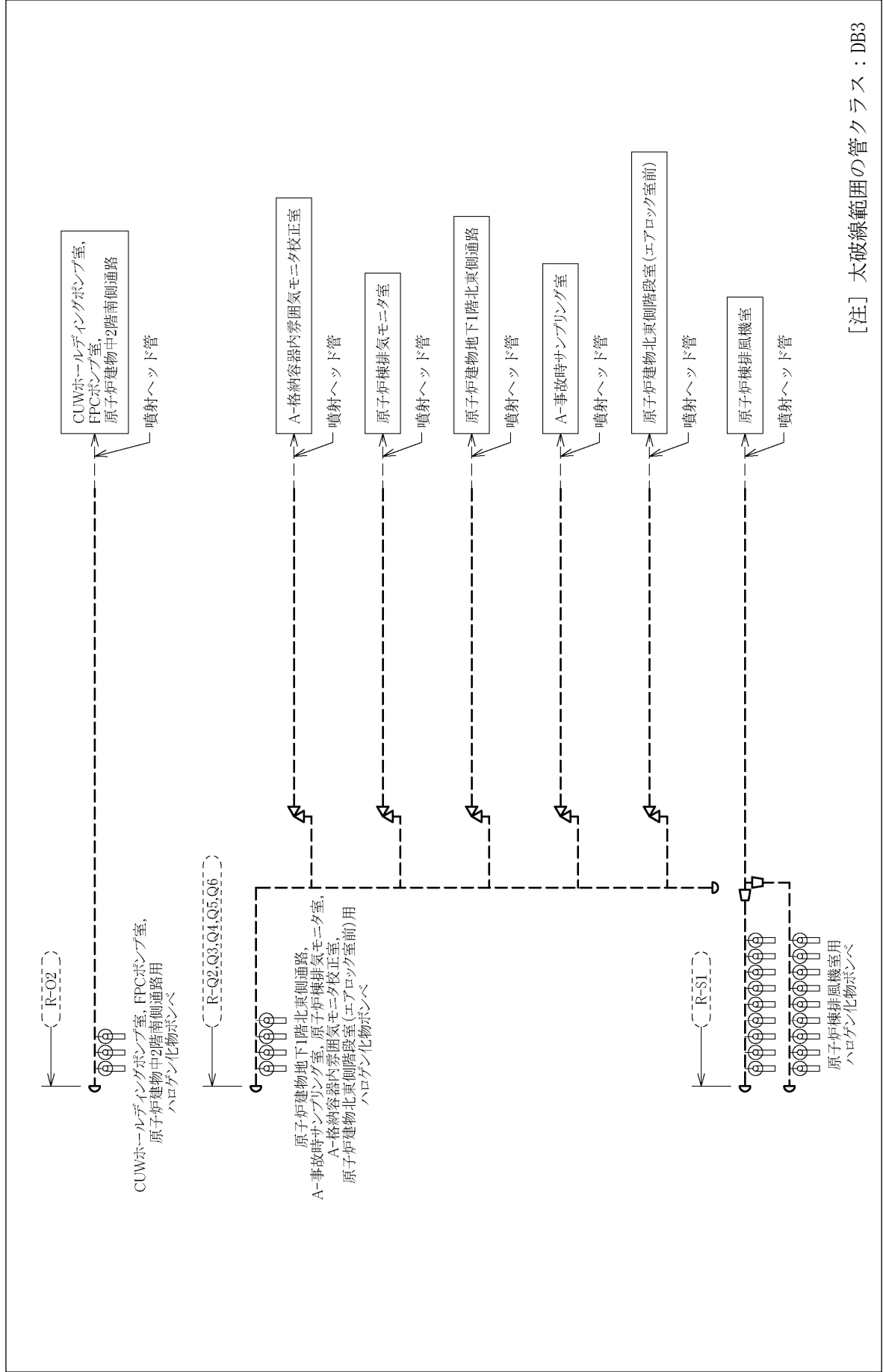


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

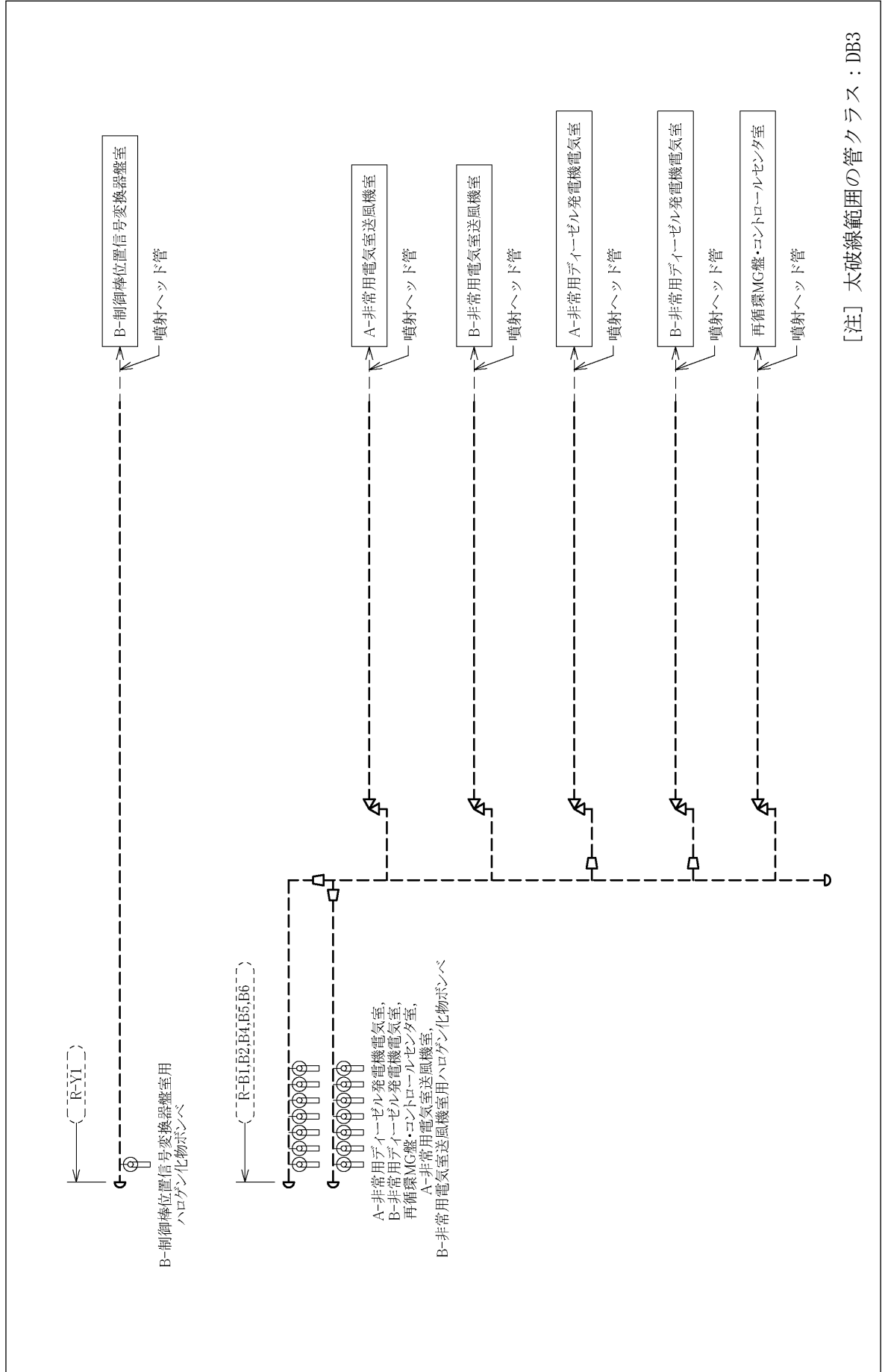
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その7)



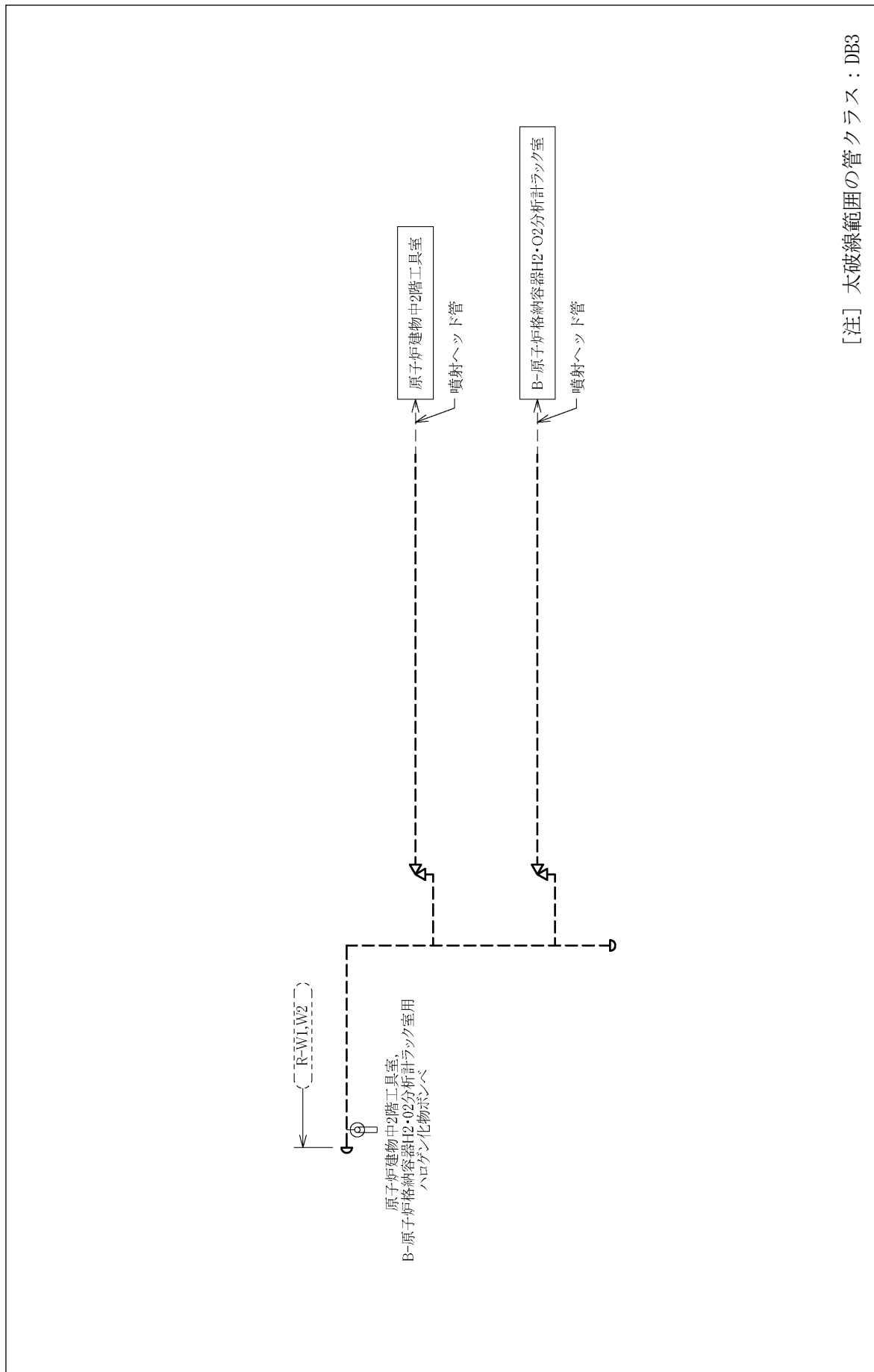
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その8)



ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その9)

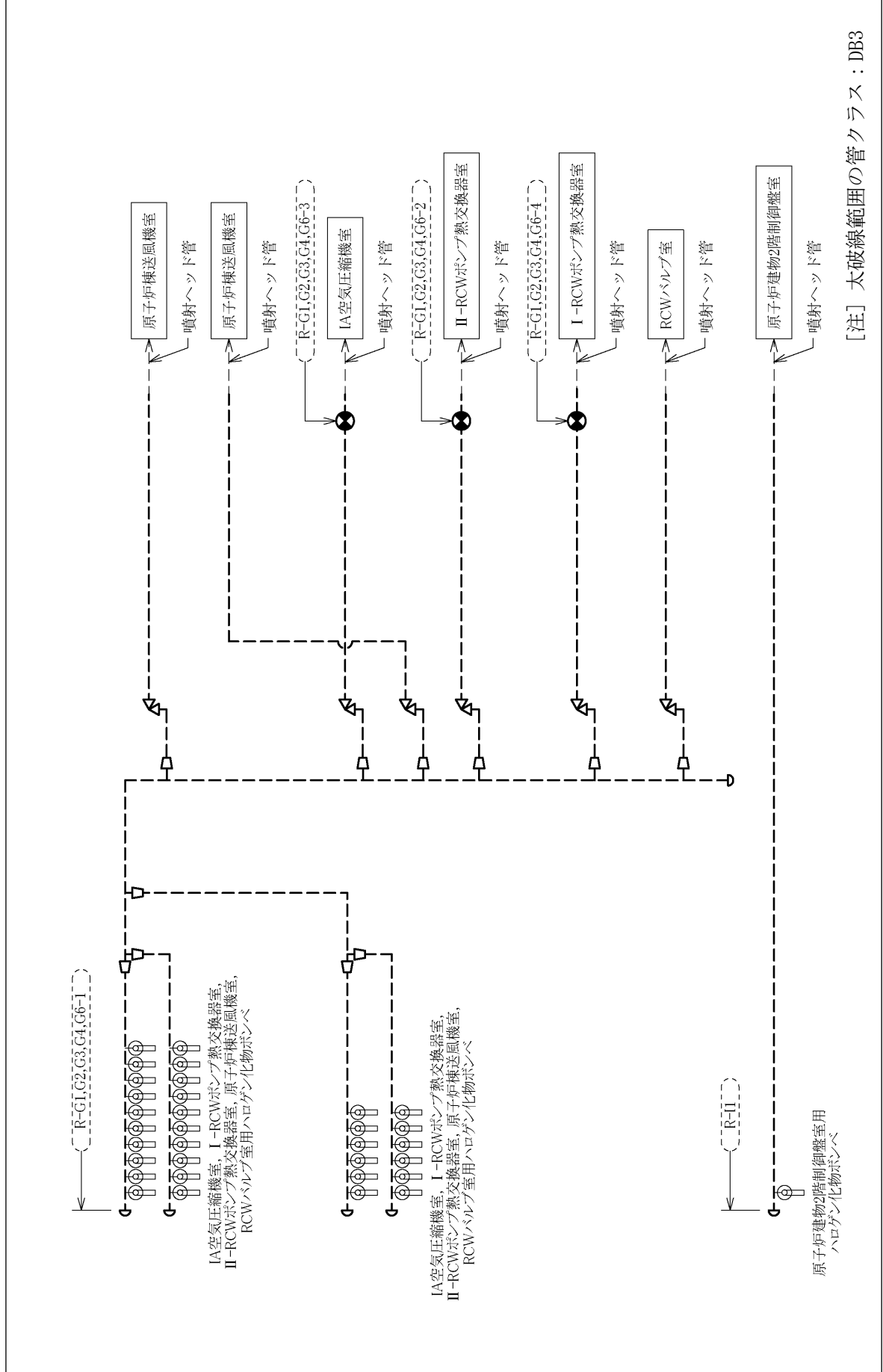




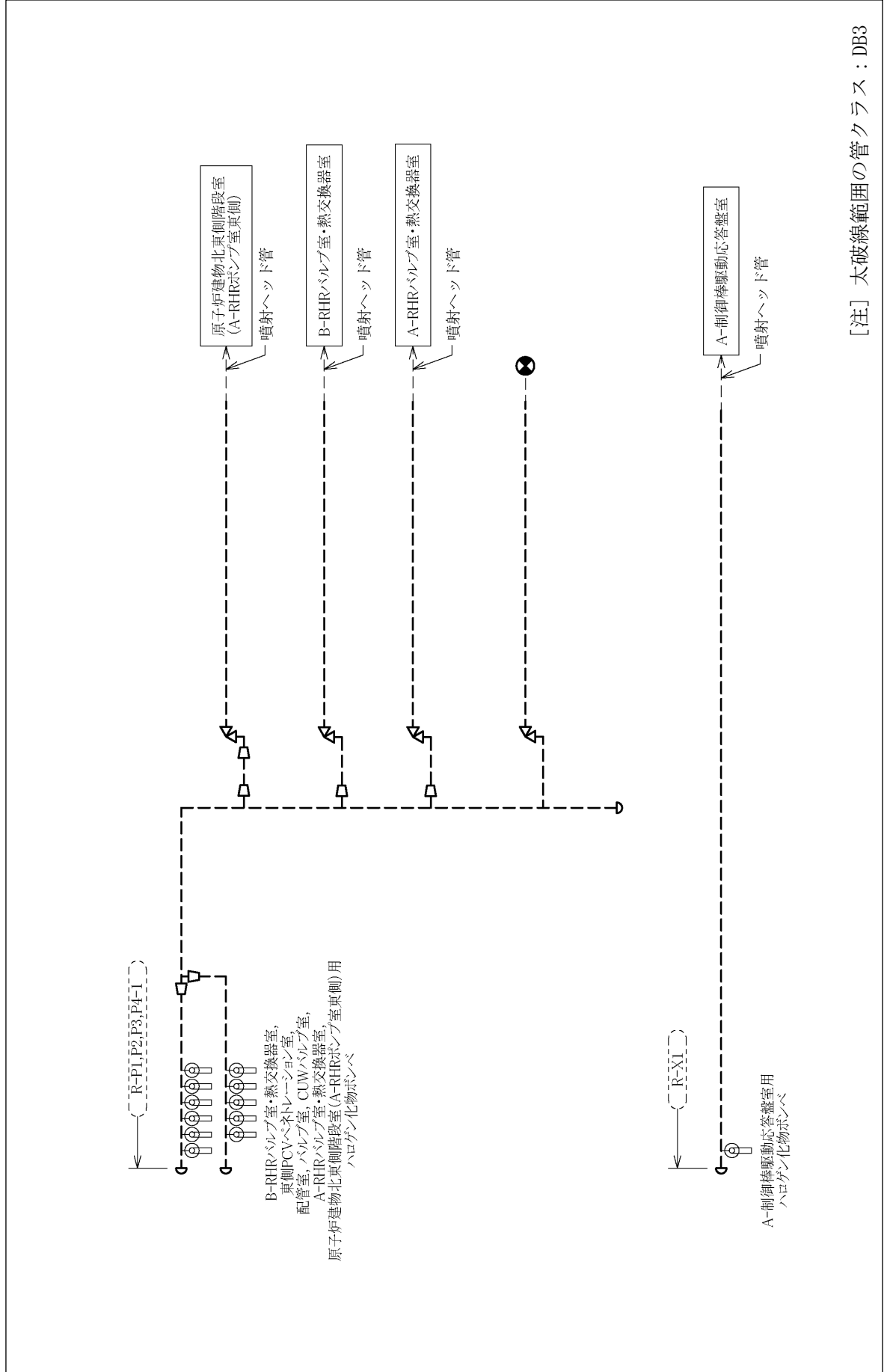


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

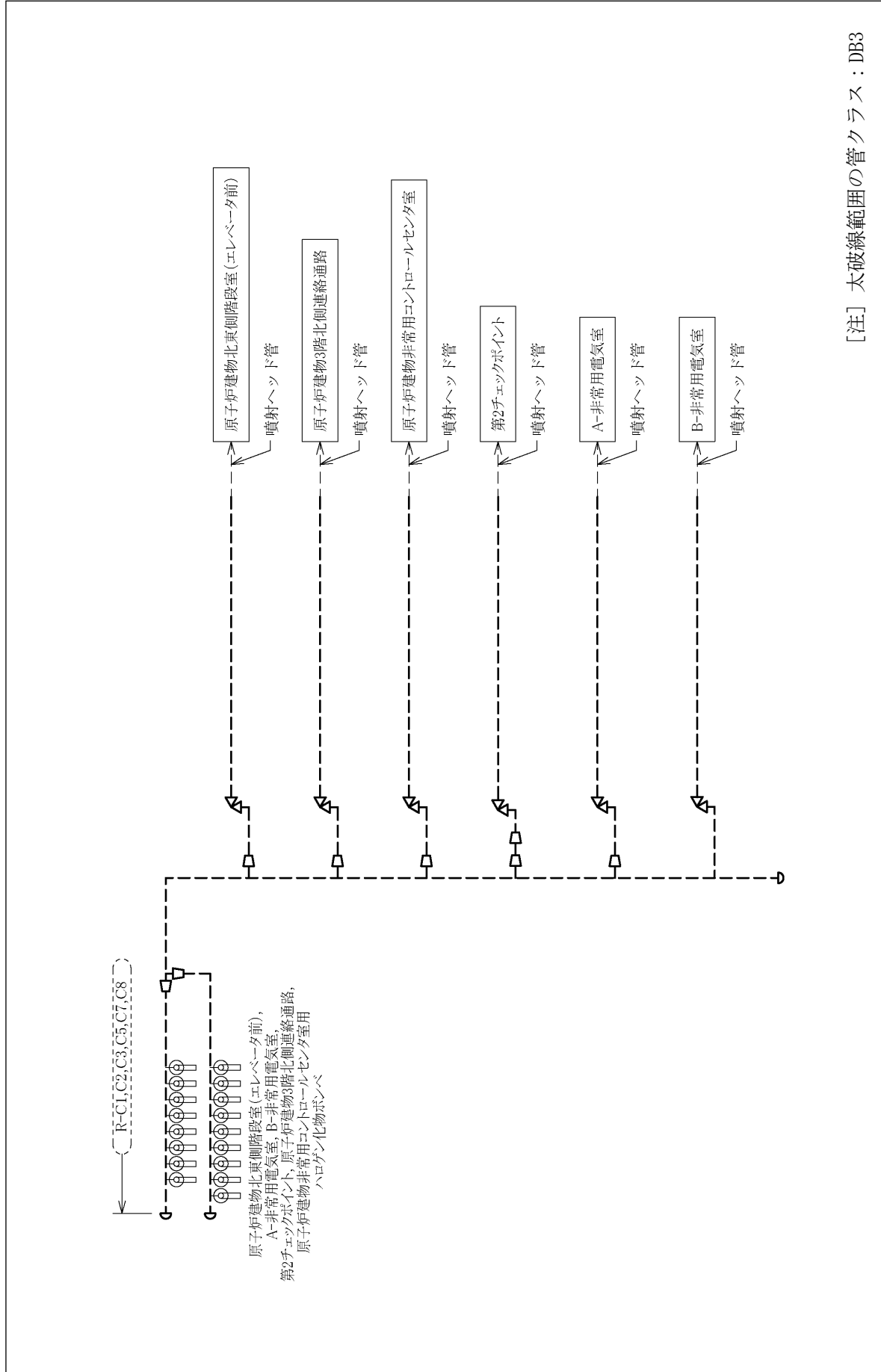
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その1 1)



ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その1 2)

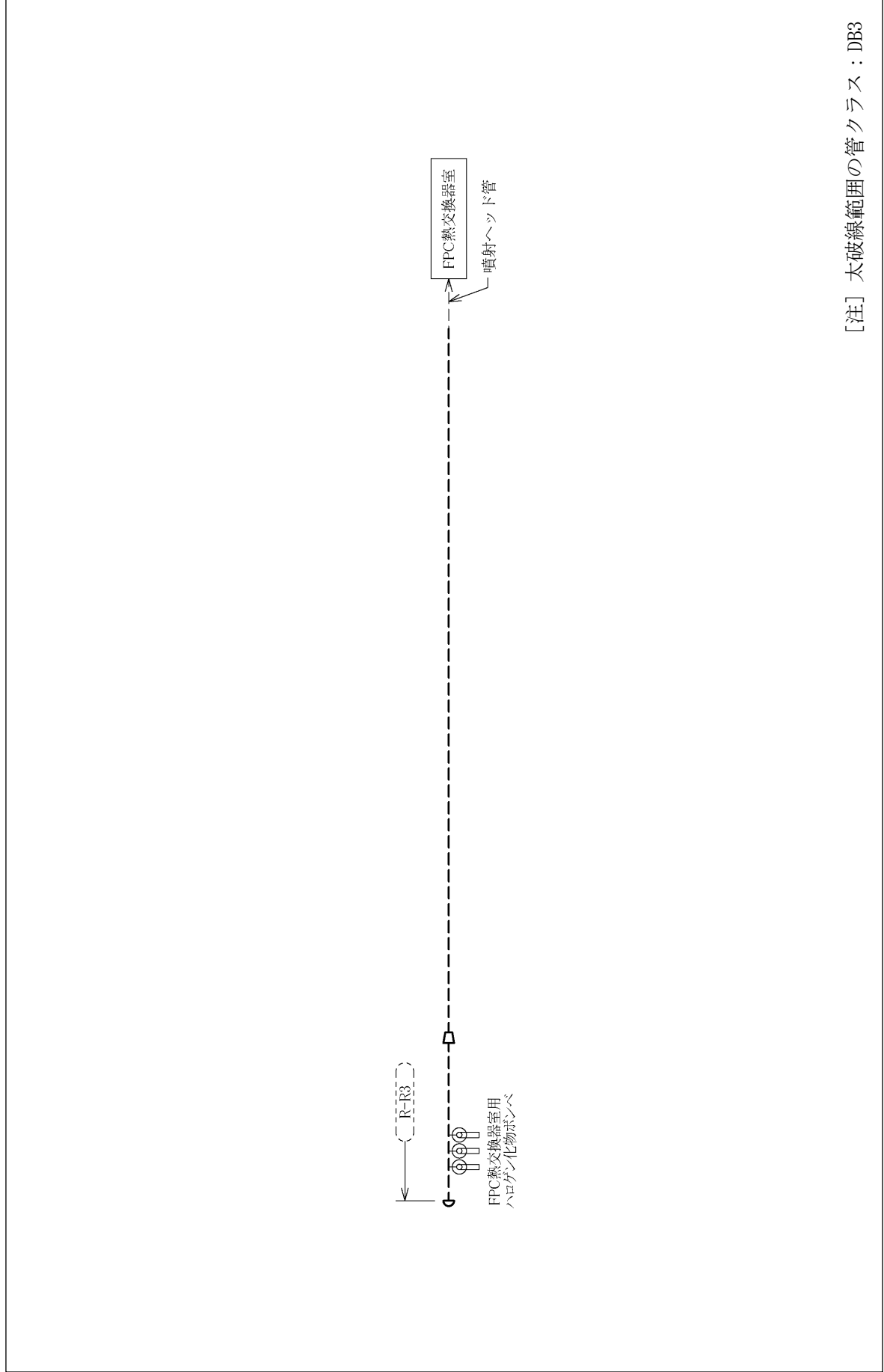


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

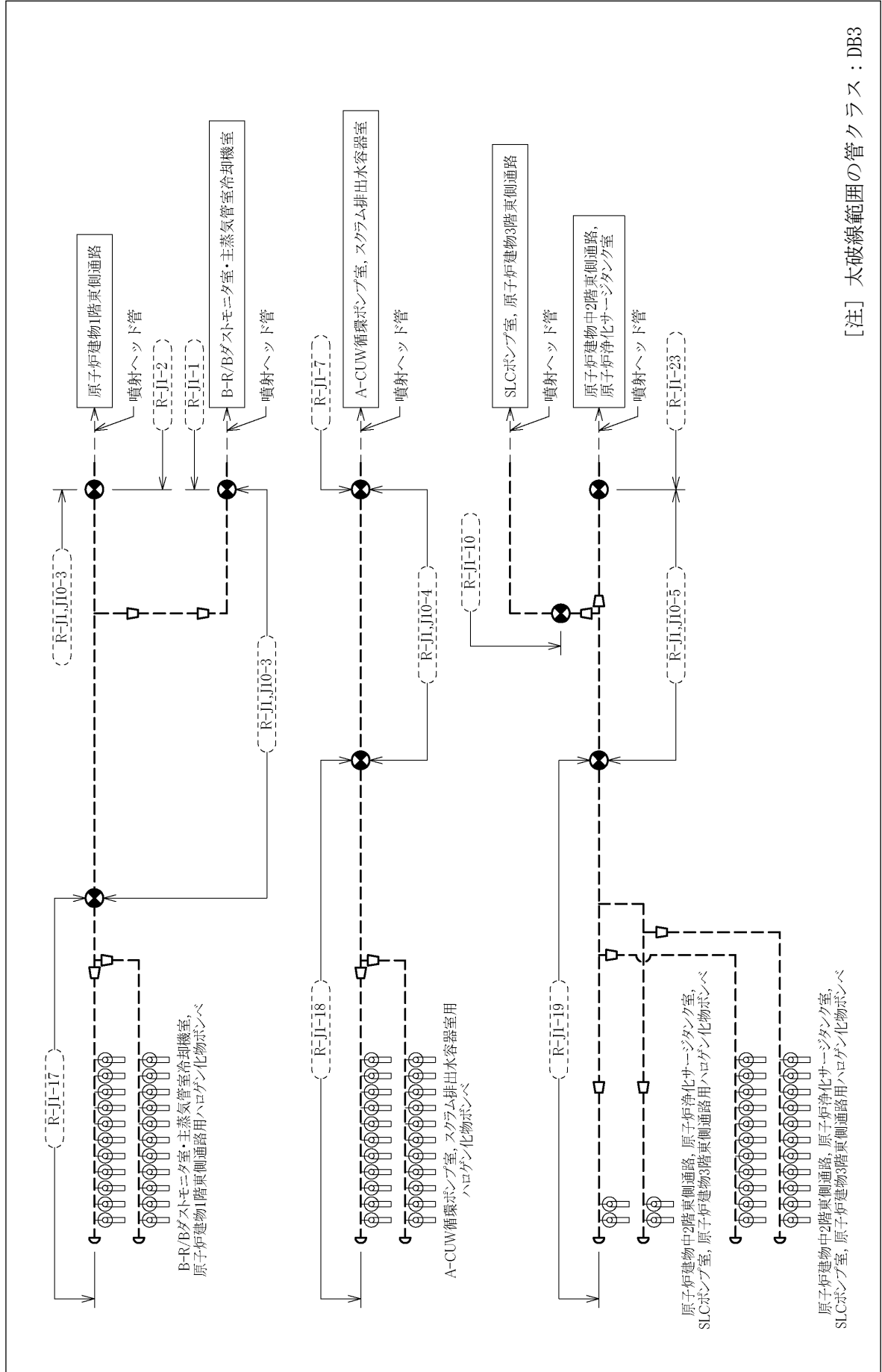


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

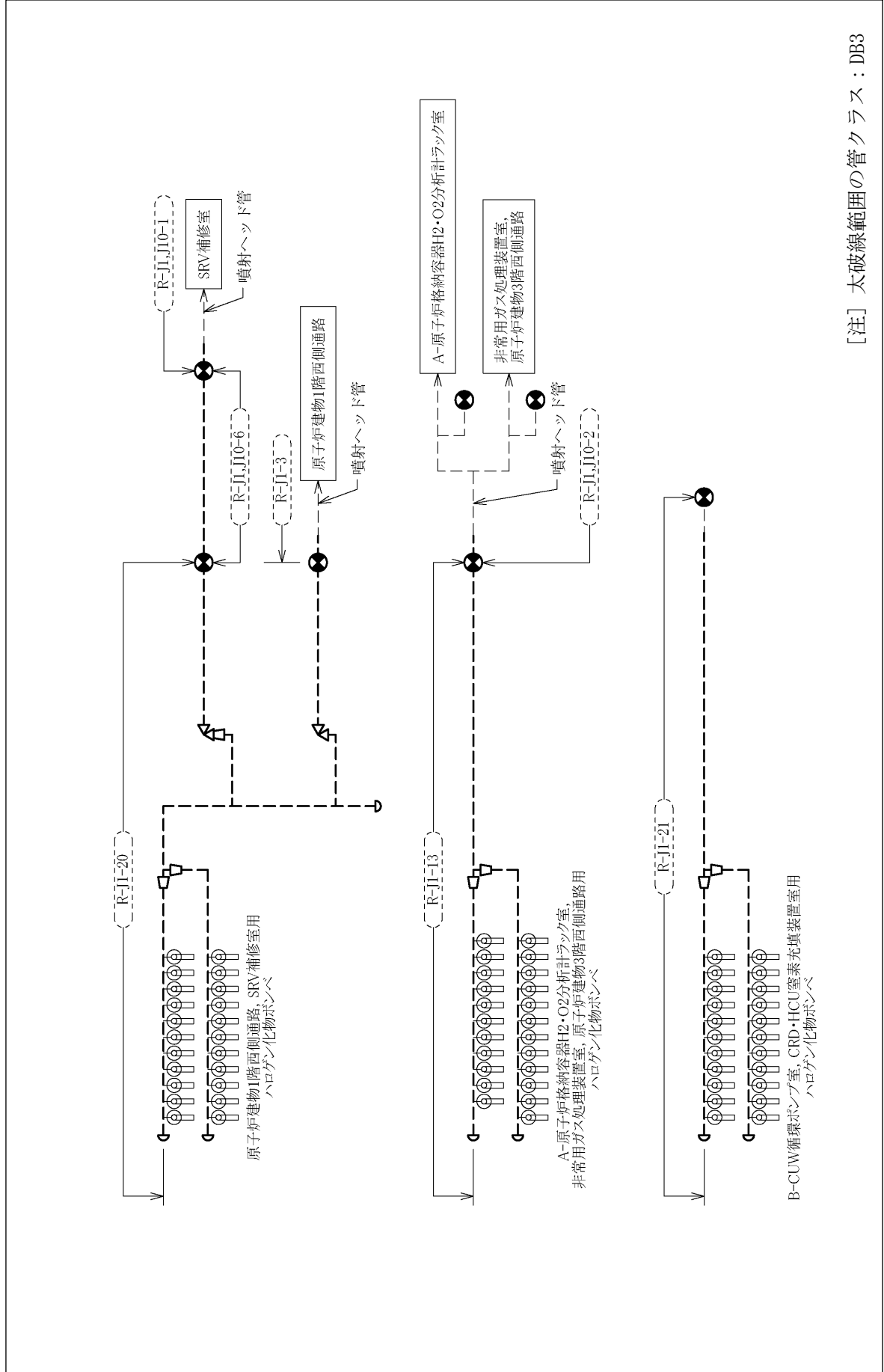
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その14)



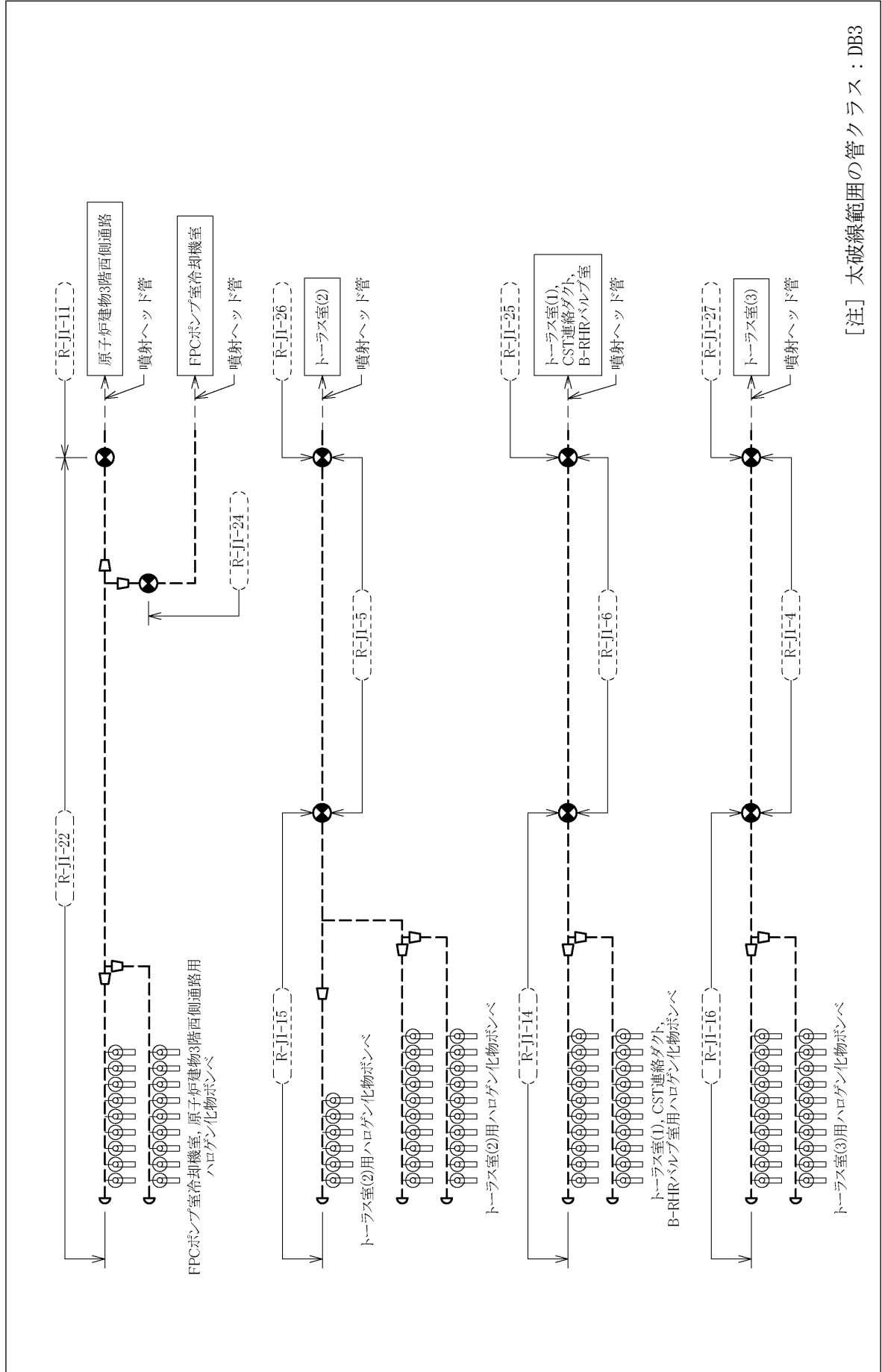
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3



[注] 太破線範囲の管クラス : DB3

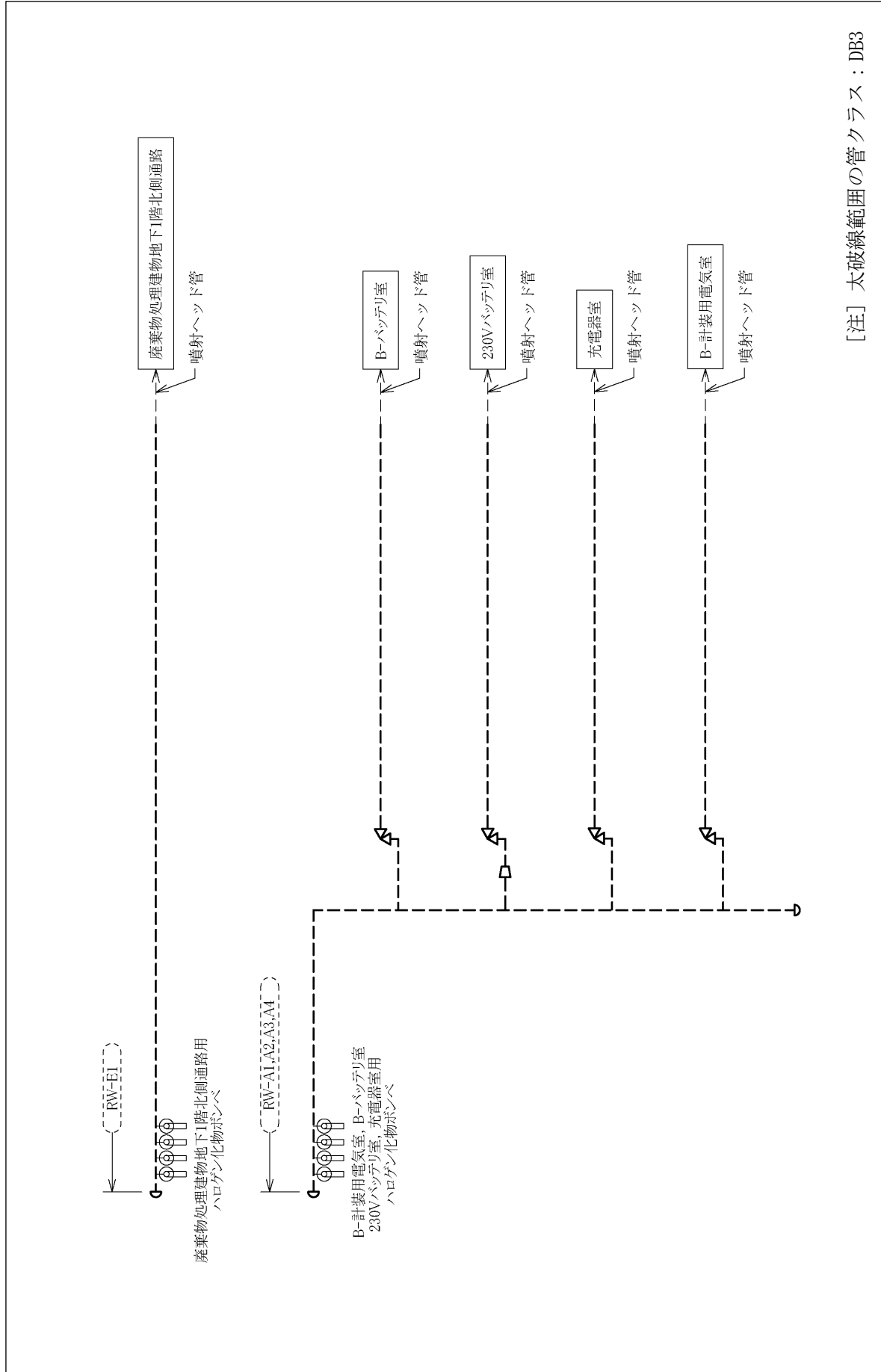


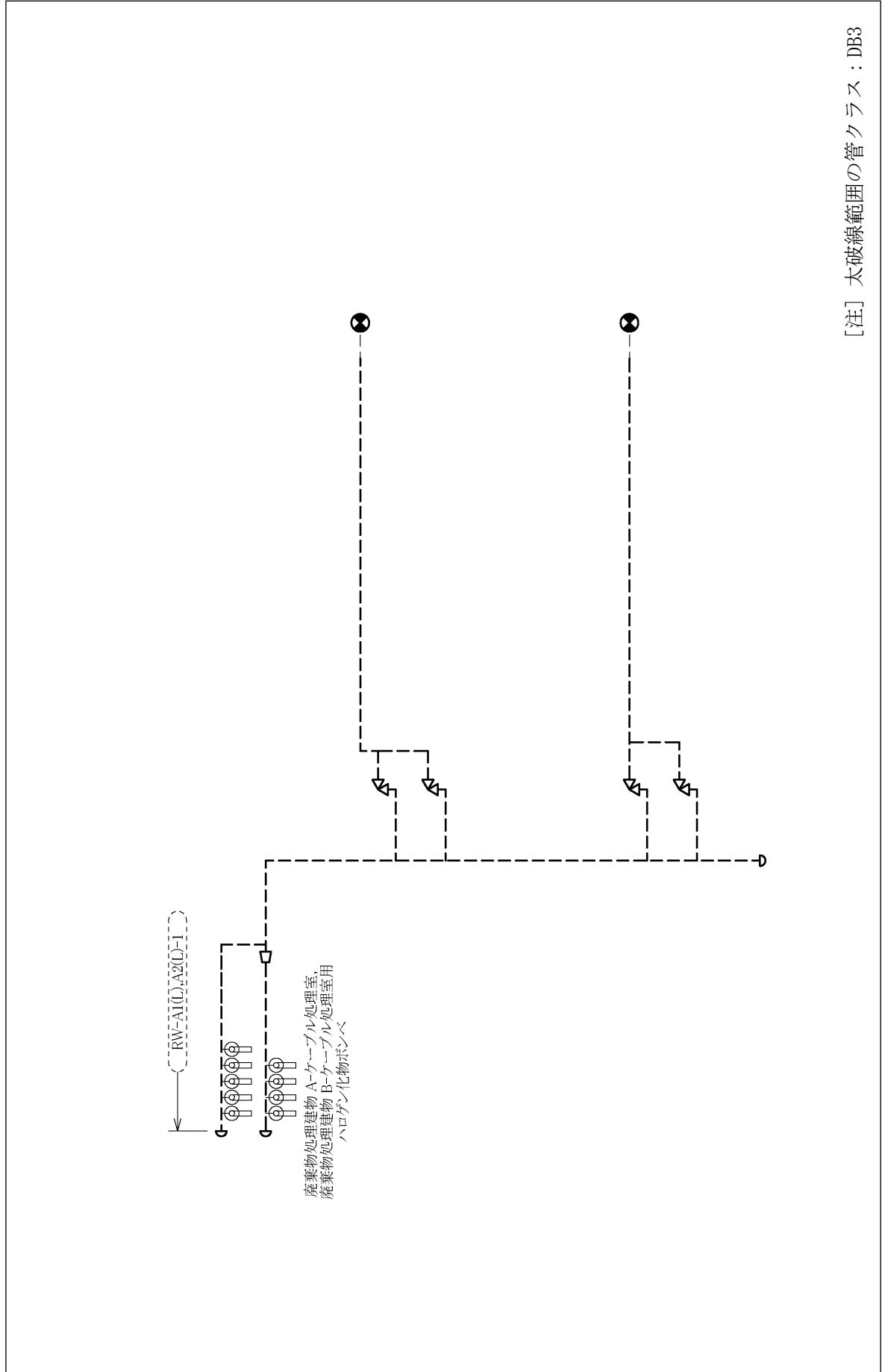
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その17)

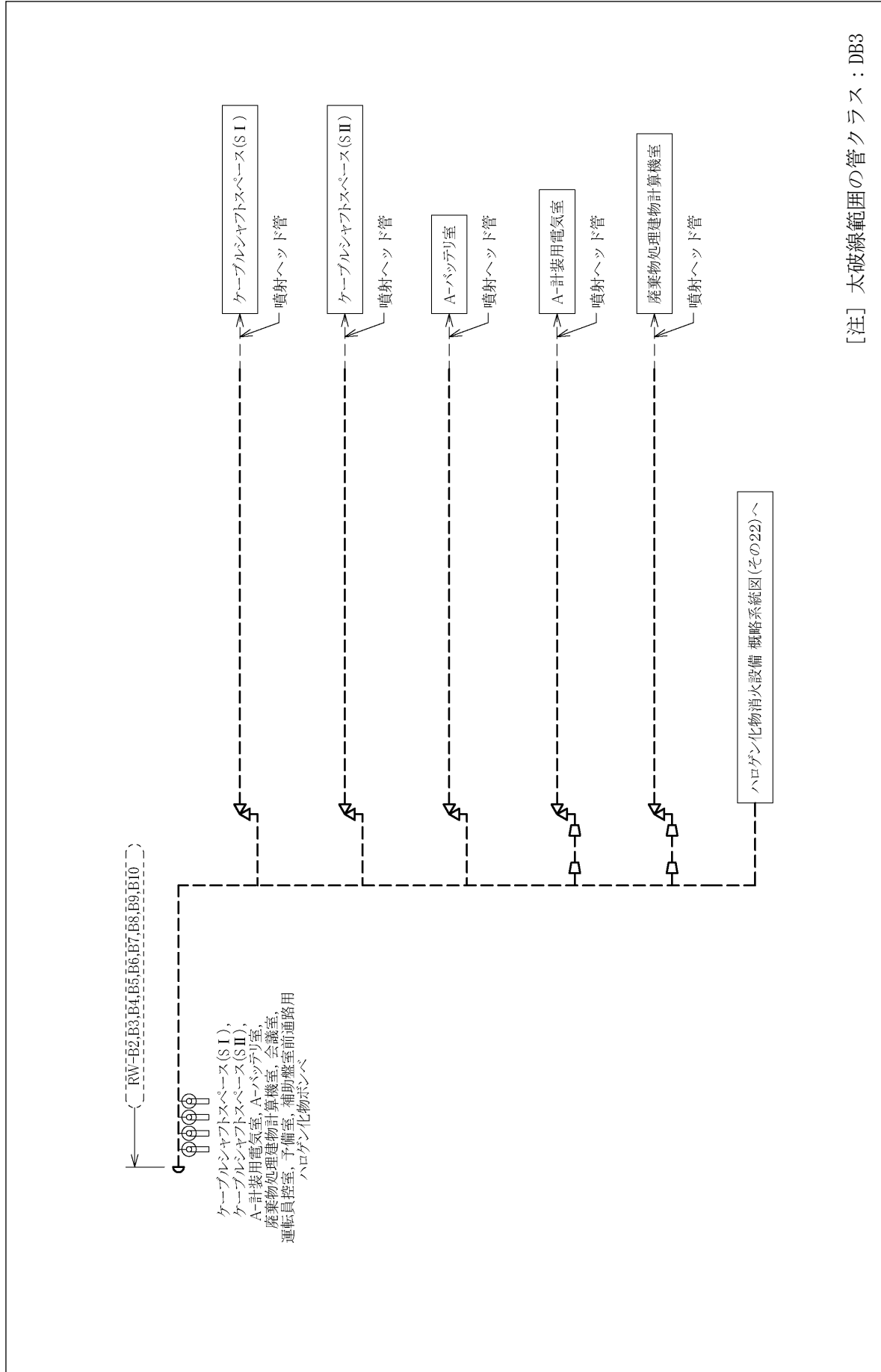


[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

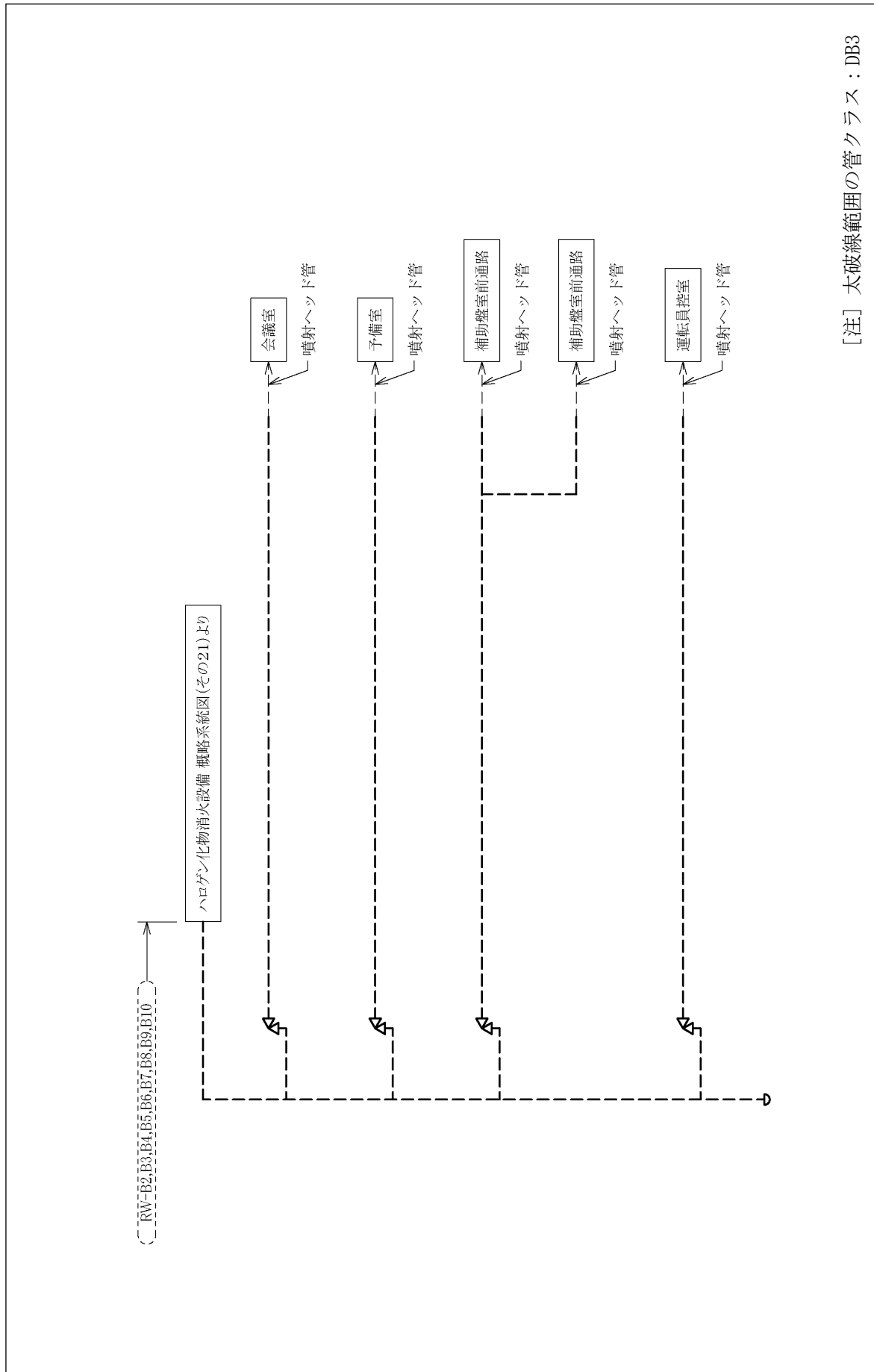




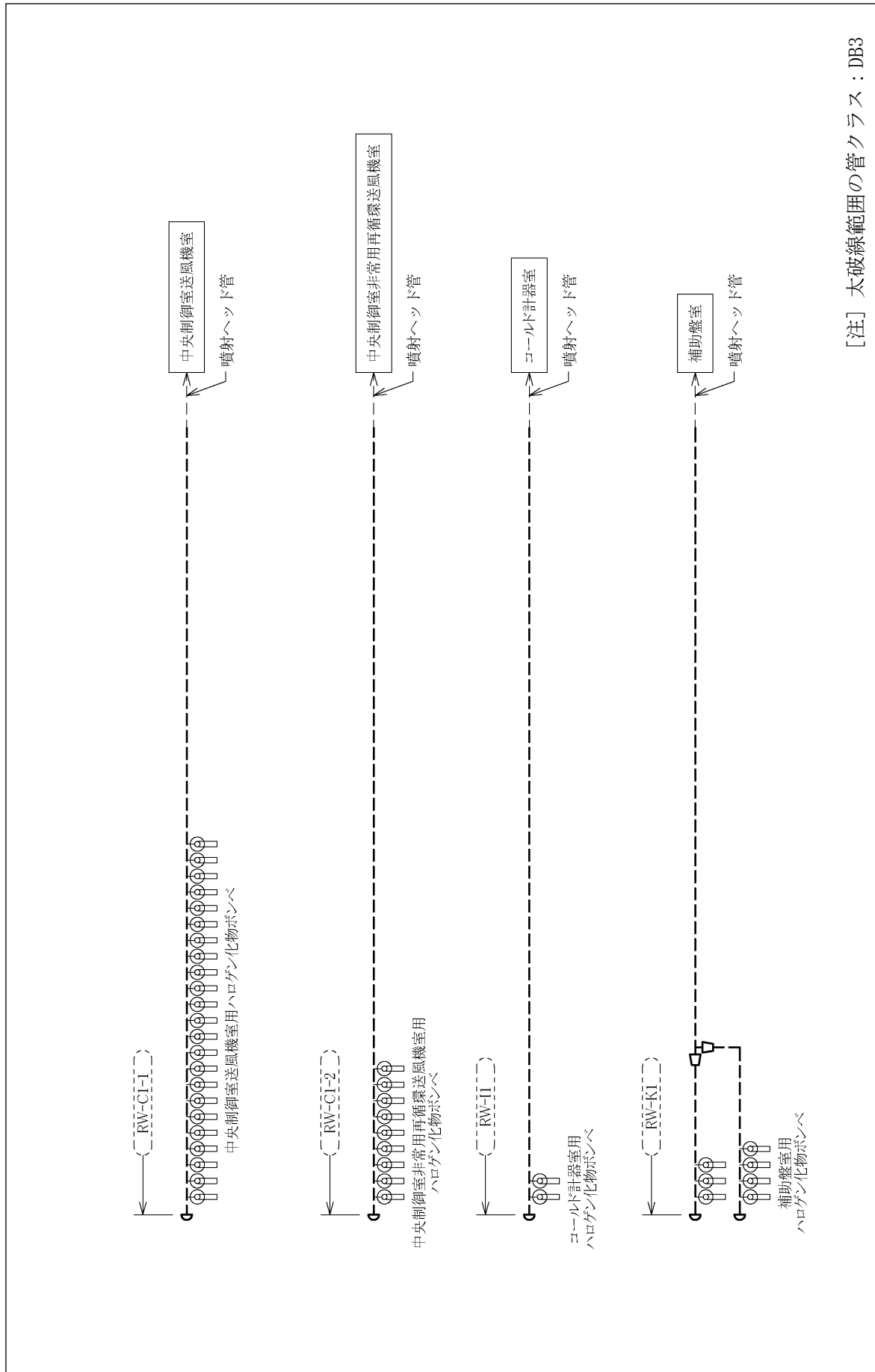




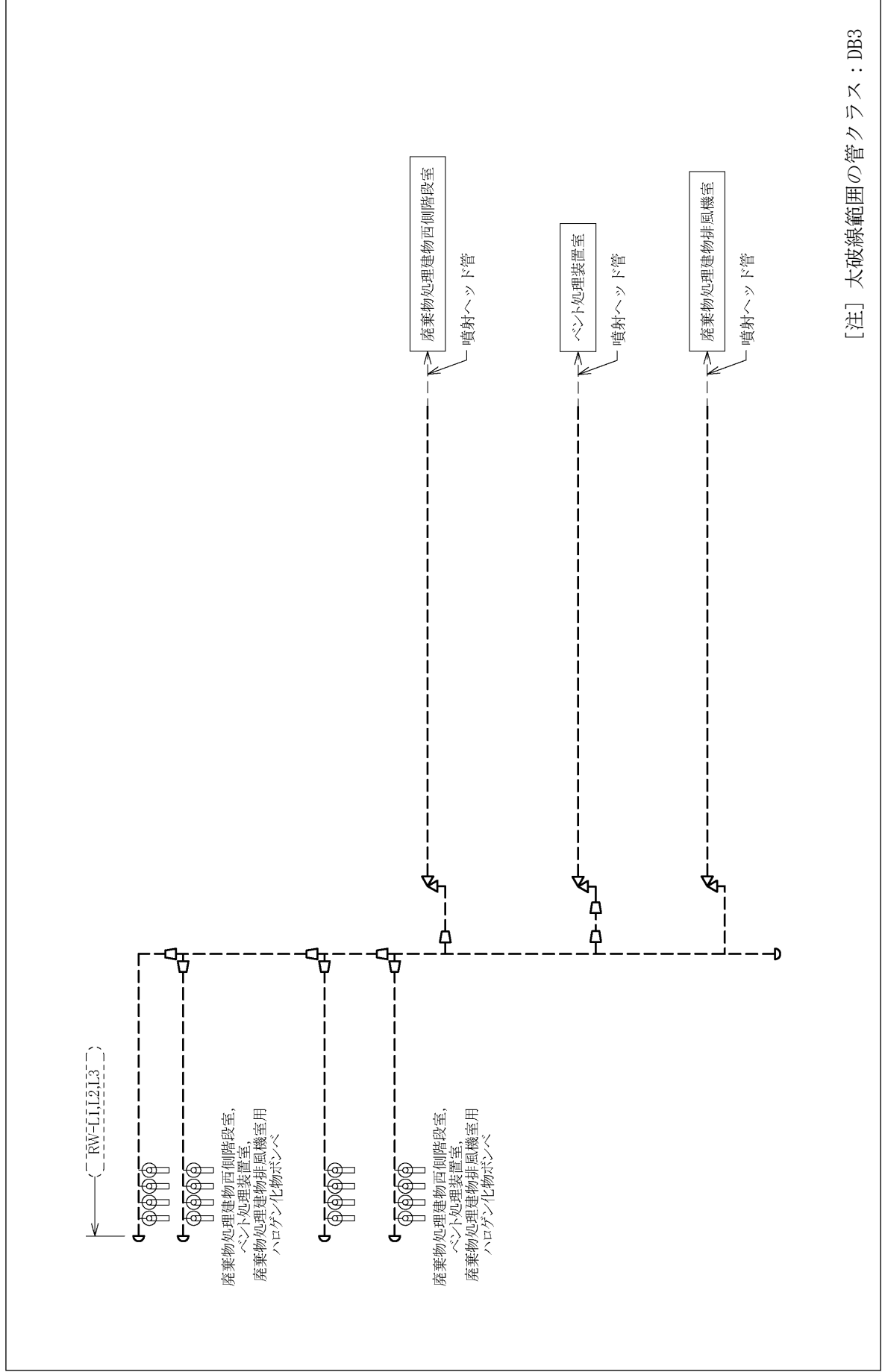
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3



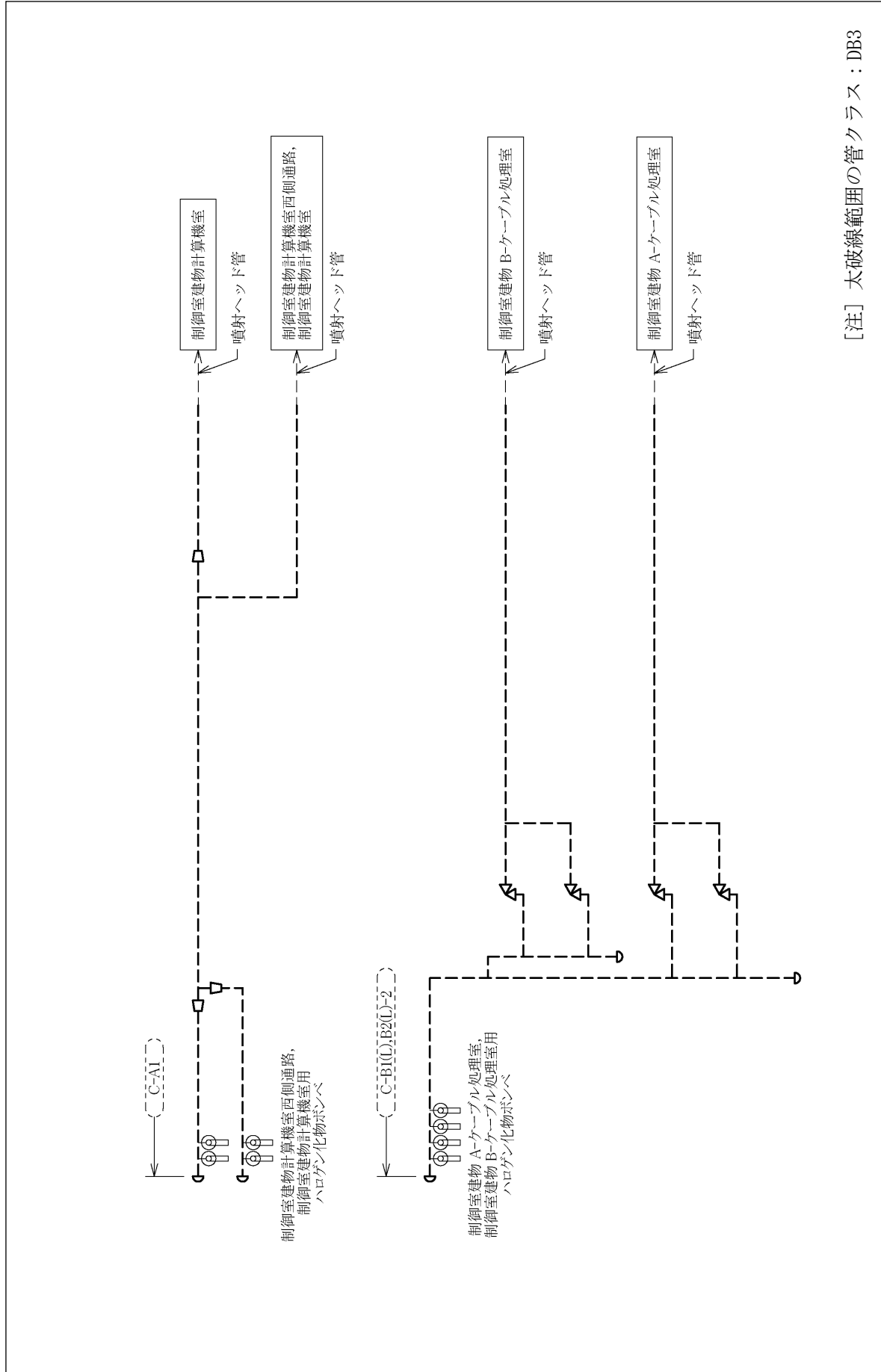
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3



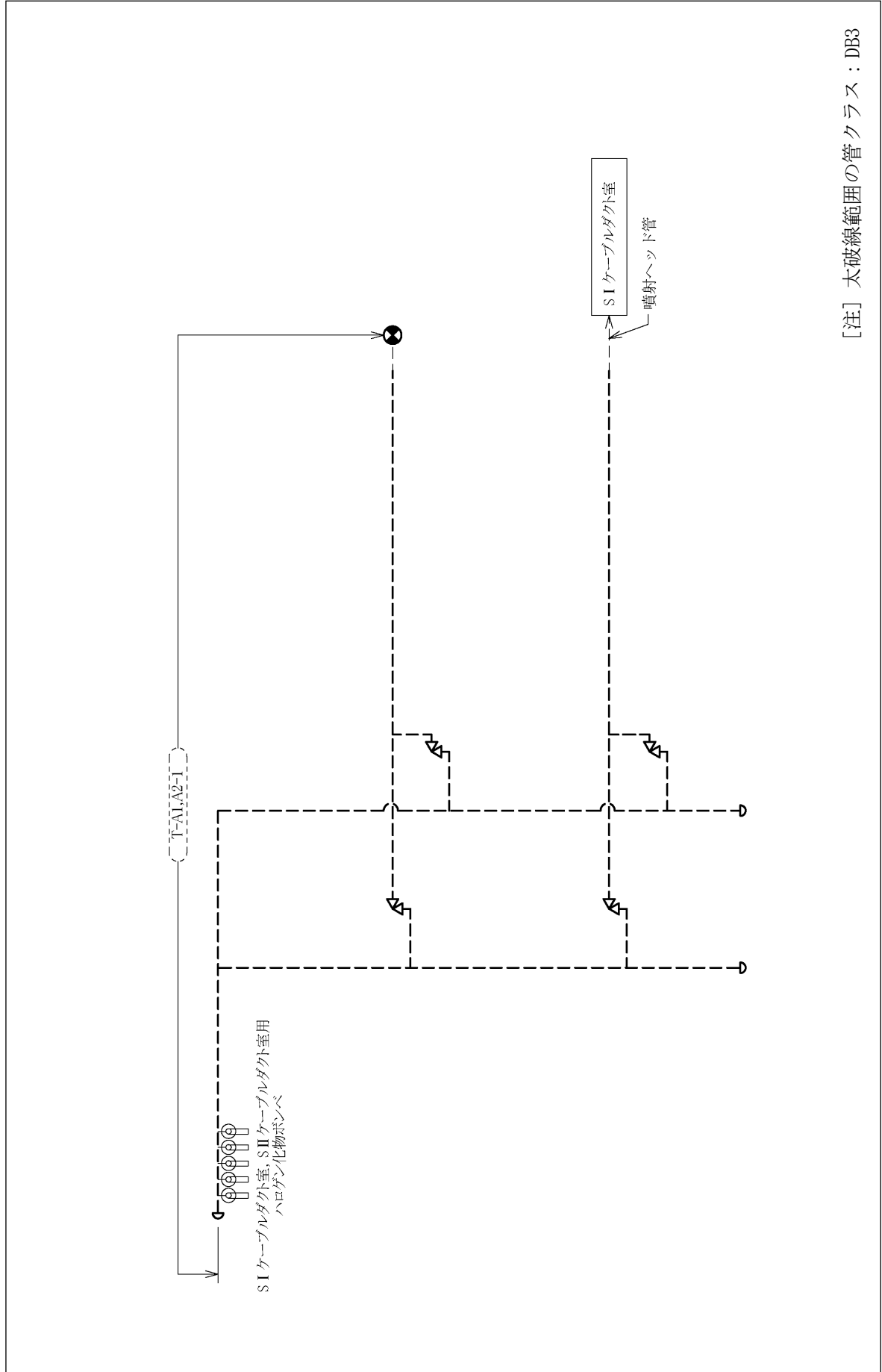
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3



[注] 太破線範囲の管クラス：DB3



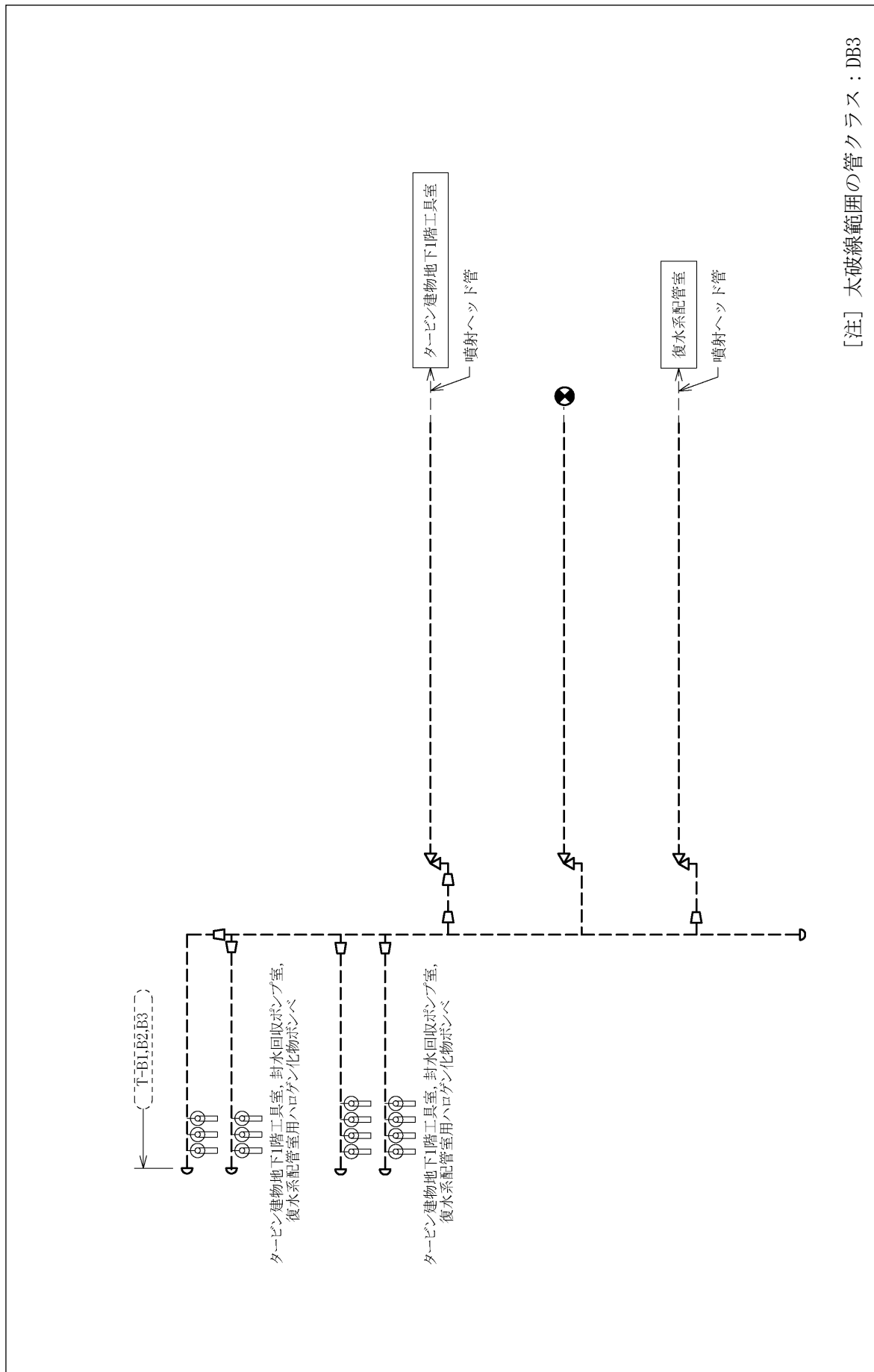
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3



[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

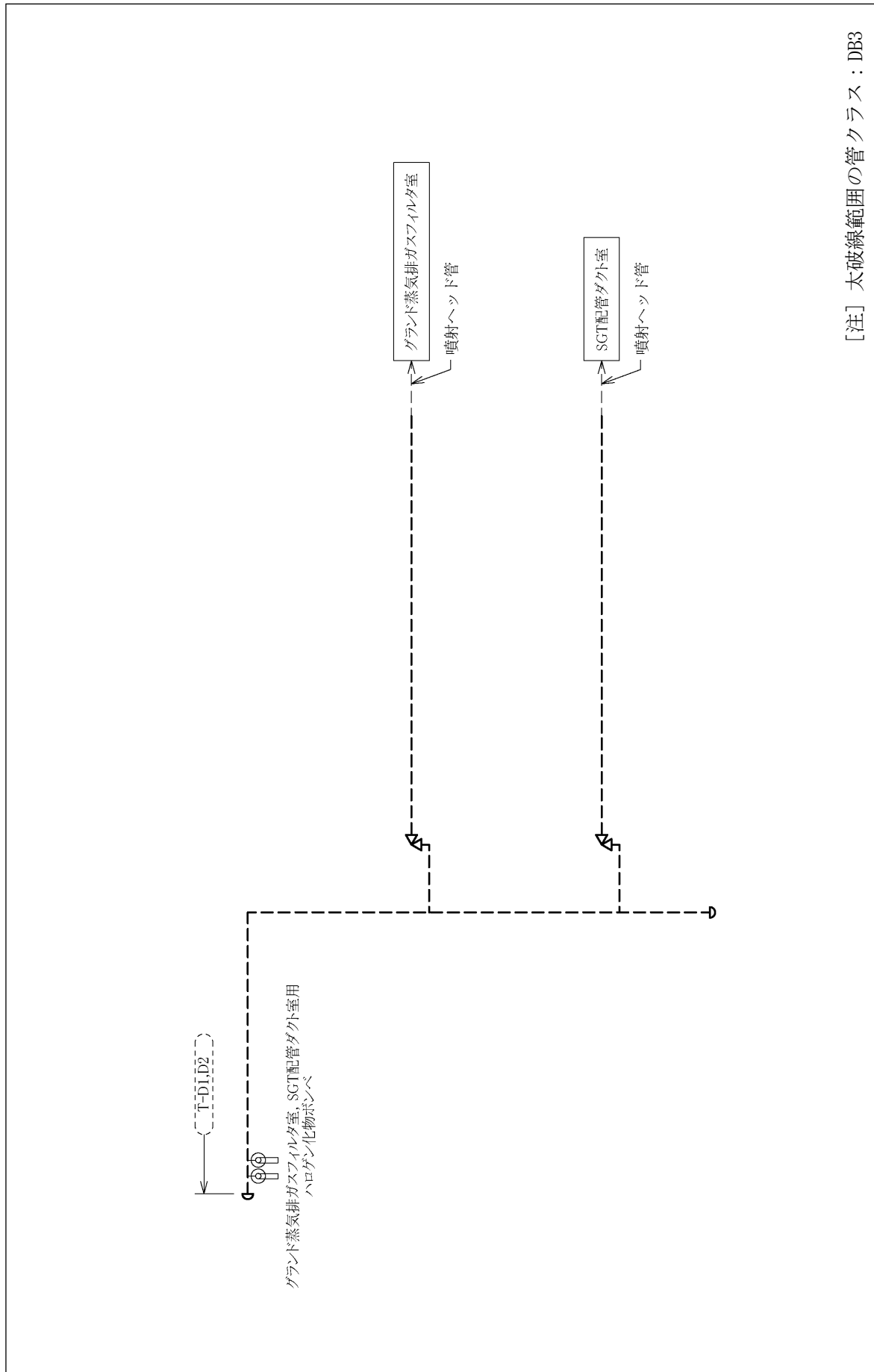
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その26)





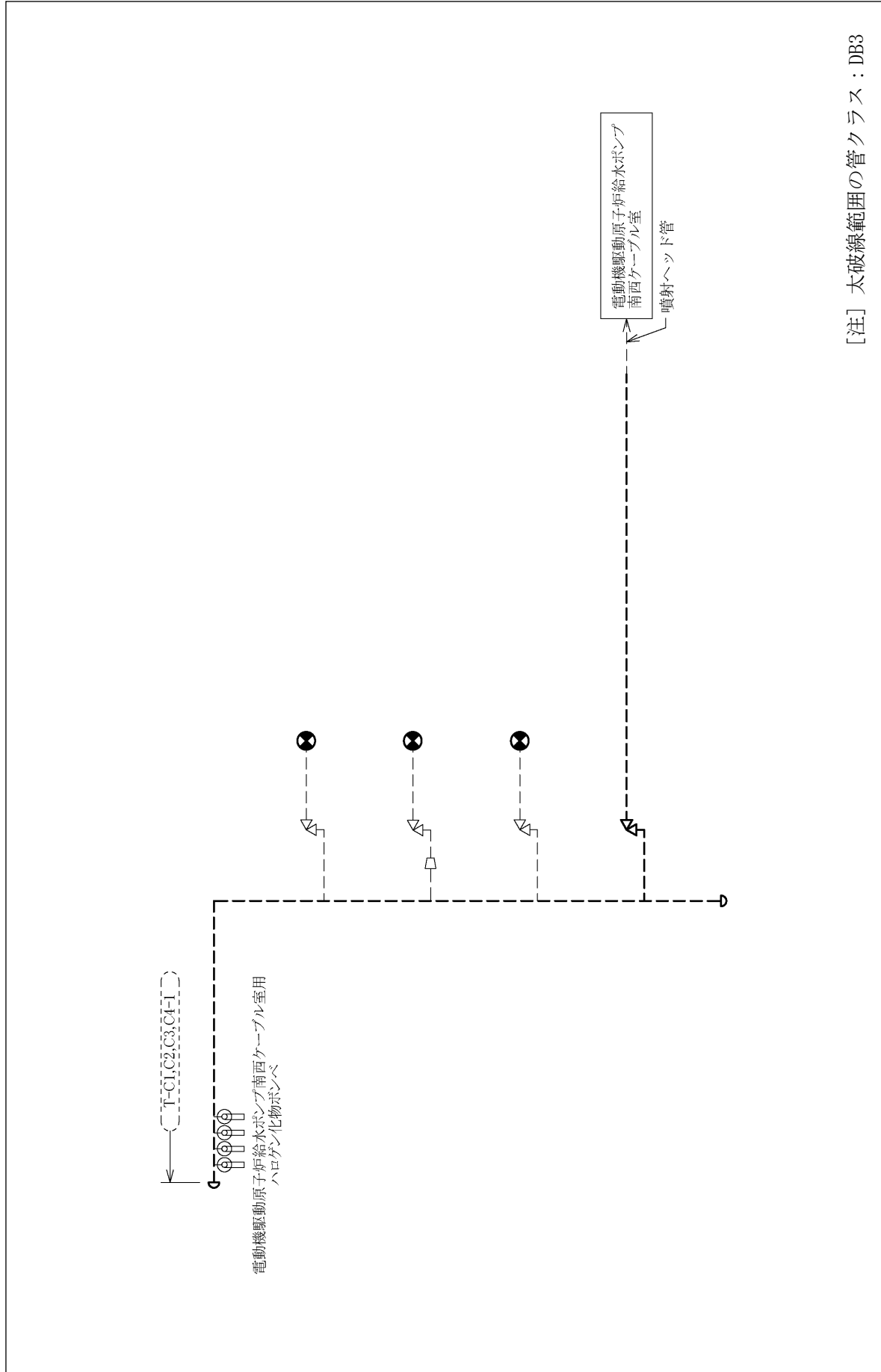
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その27)

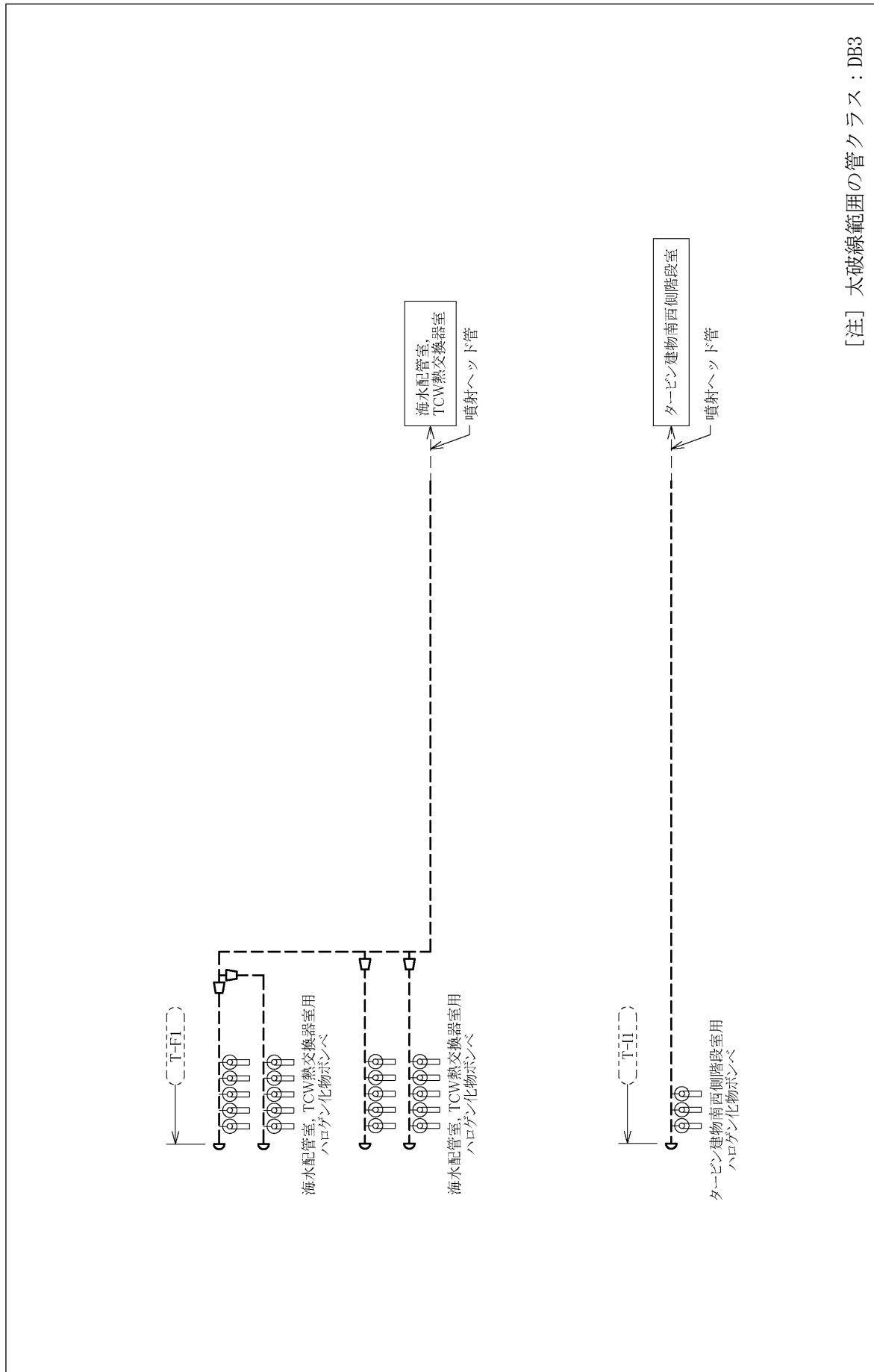


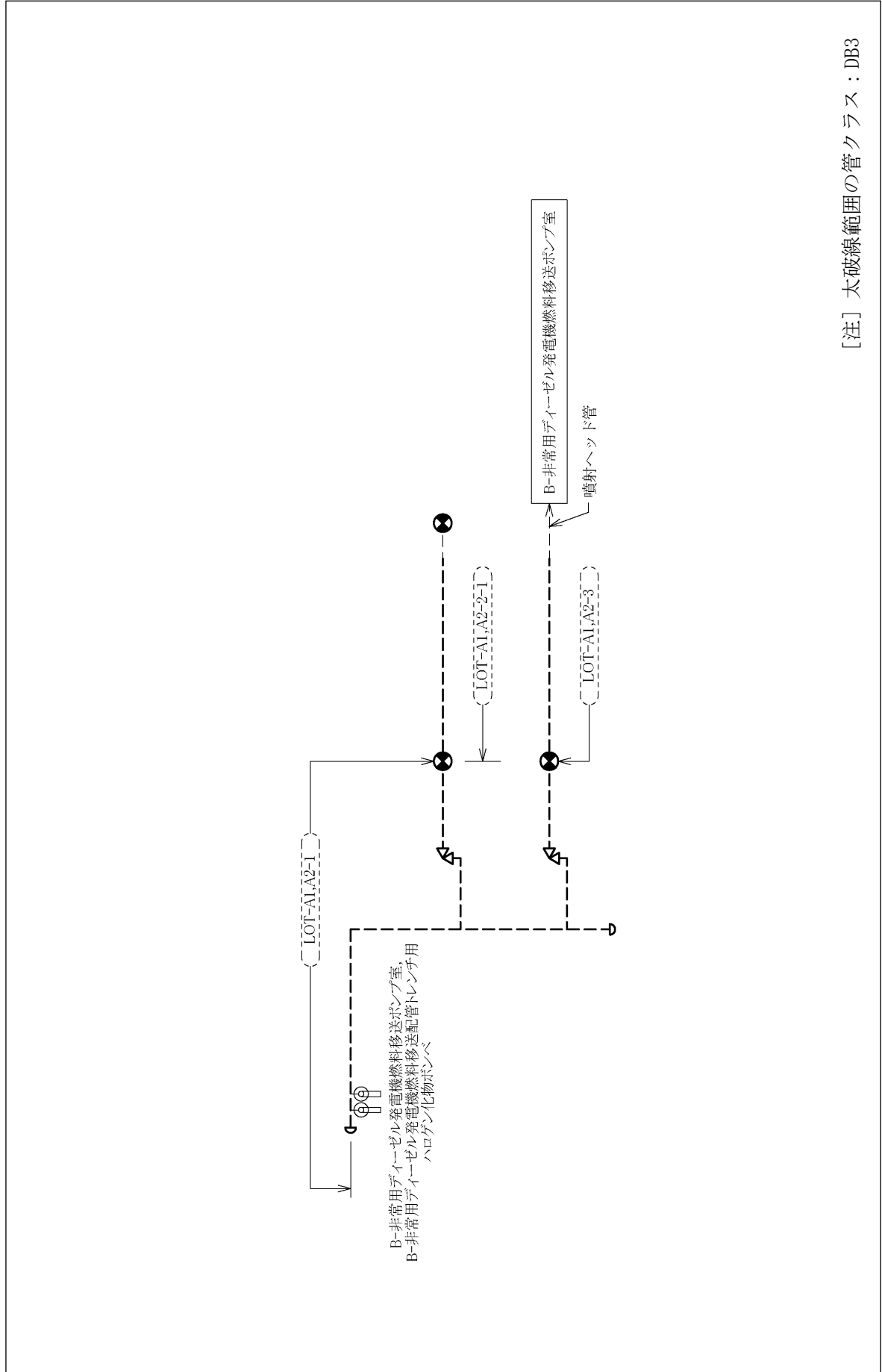
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その28)



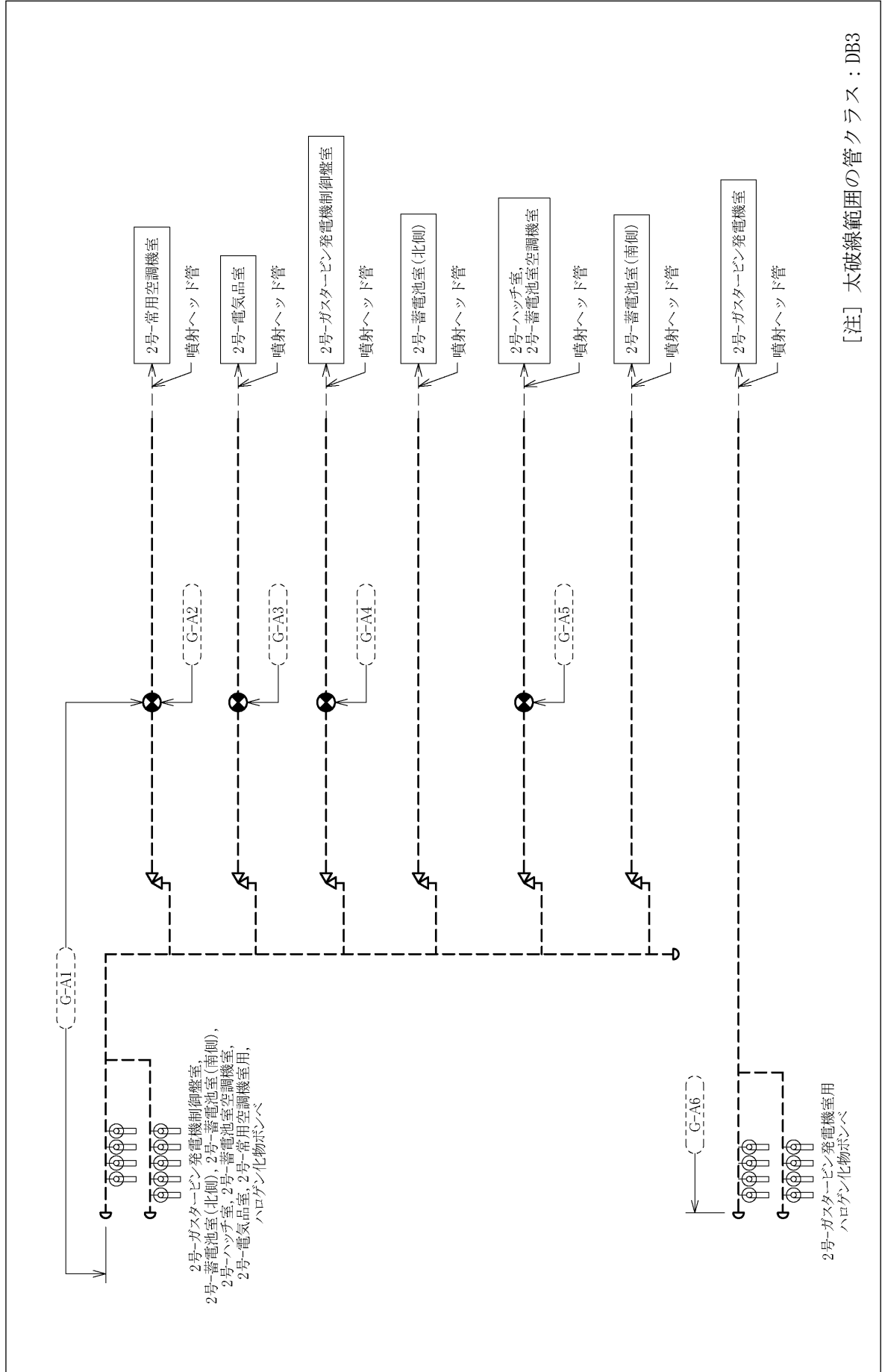
ハロゲン化物消火設備 概略系統図 (その29)





[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

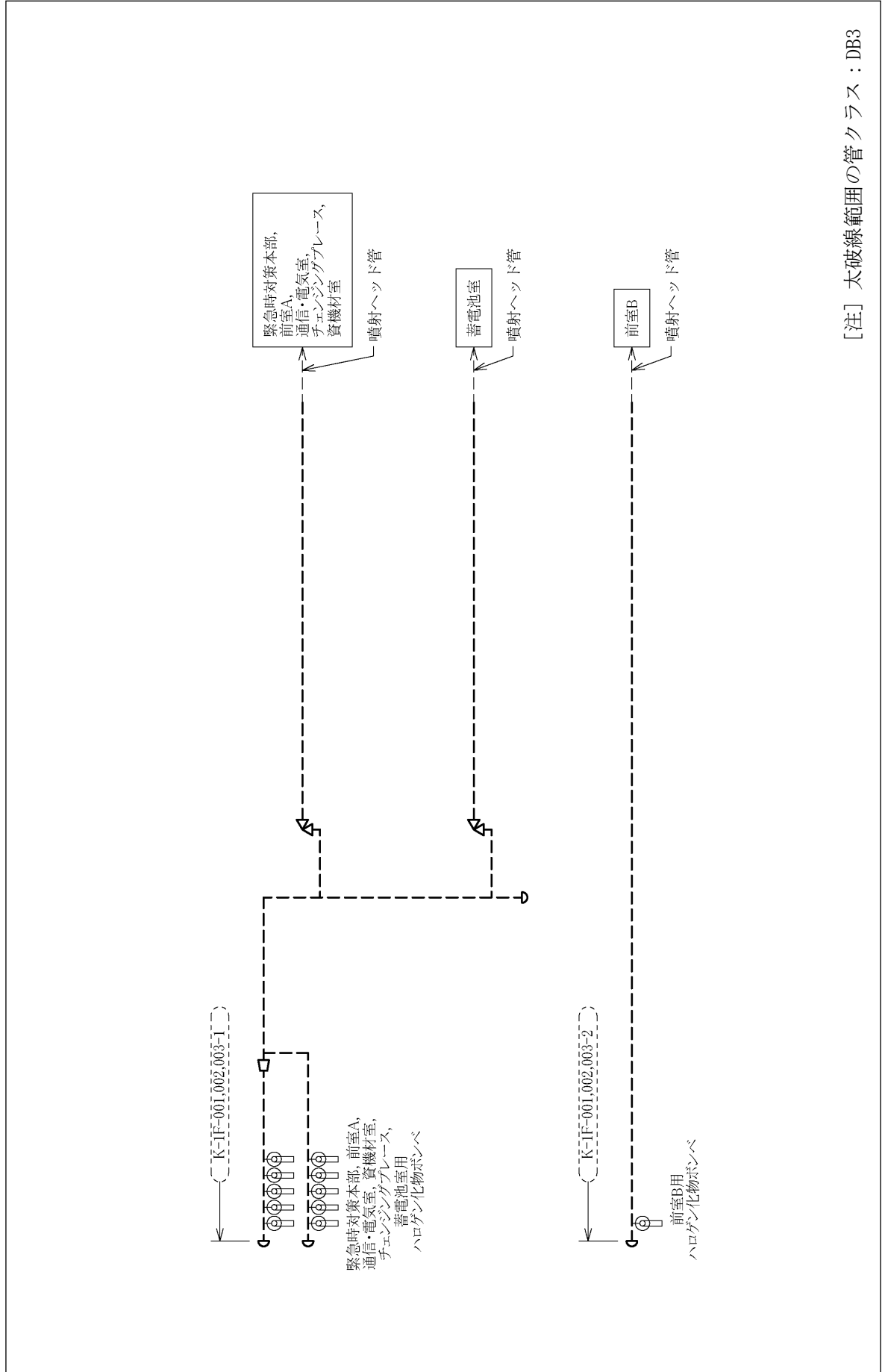




[注] 太破線範囲の管クラス：DB3








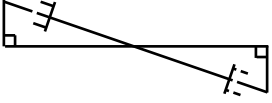
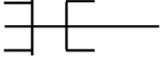
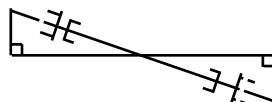

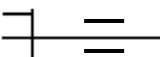
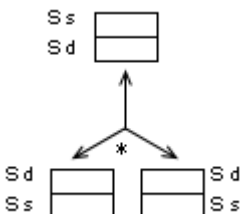





[注] 太破線範囲の管クラス : DB3

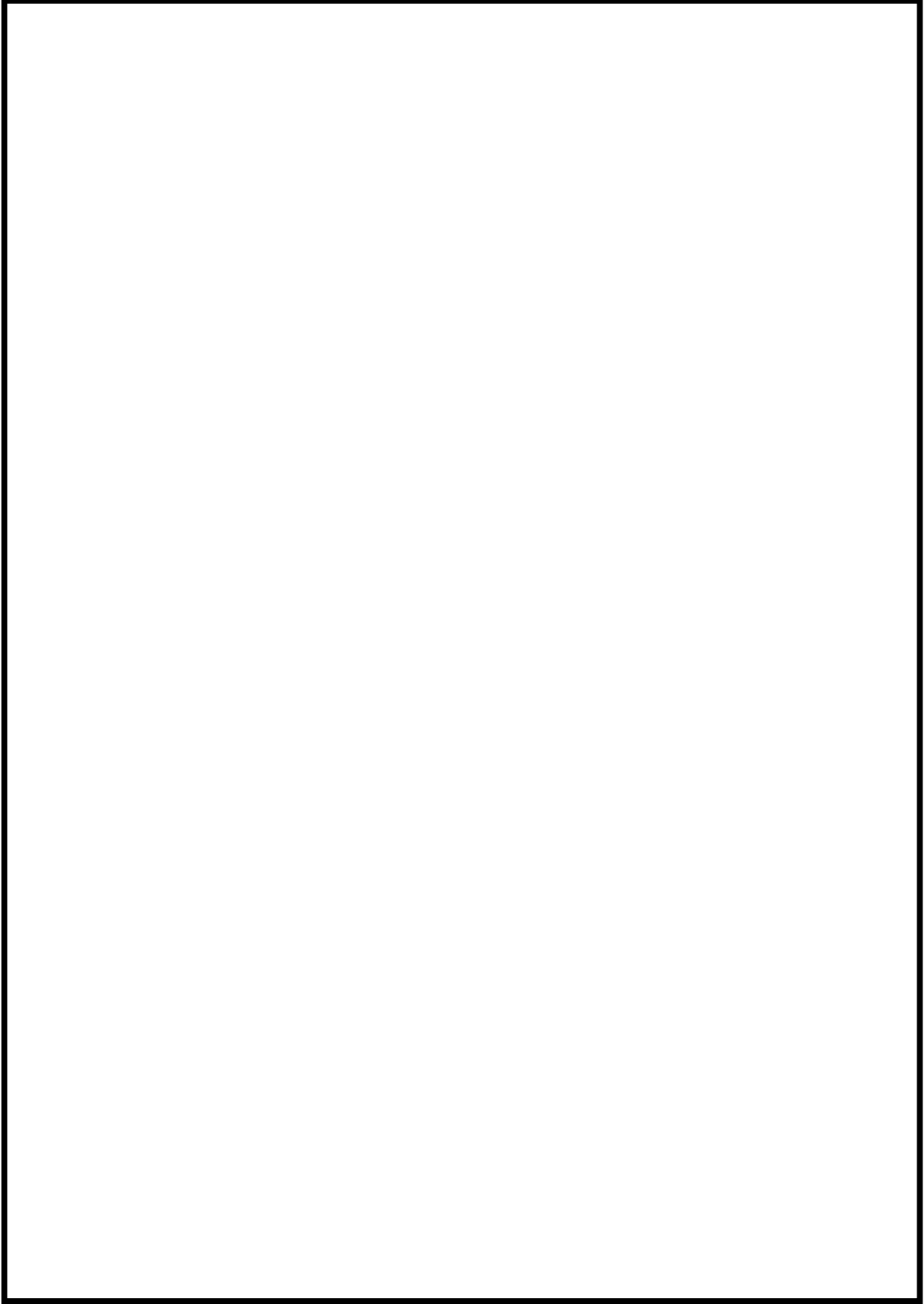
## 2.2 鳥瞰図

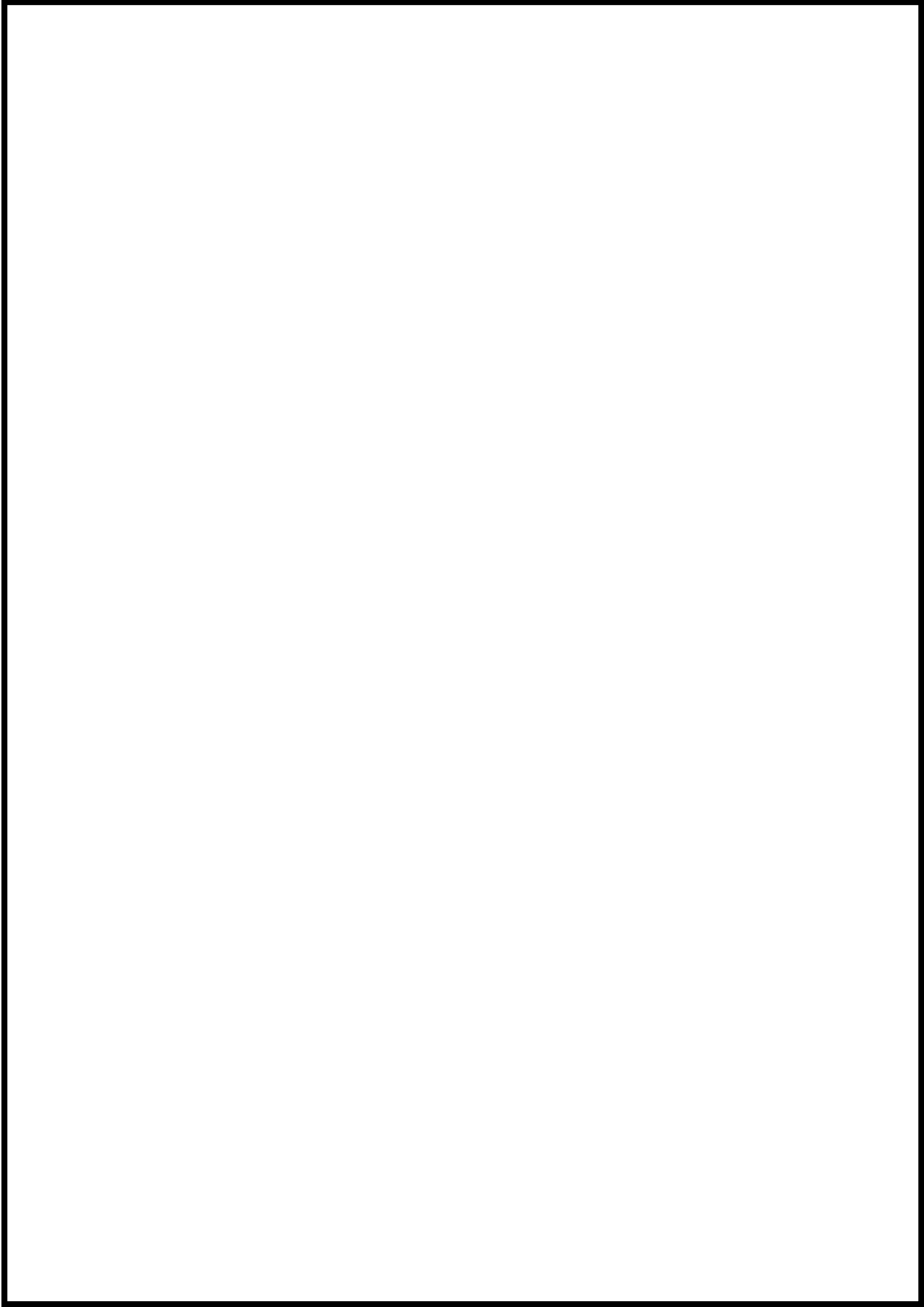
評価結果記載の解析モデル図を添付する。鳥瞰図に示す記号例を下表に示す。

記号	内容
 (太線)	工事計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」， 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システムの管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管，又は工事計画記載範囲の管のうち、 他システムの管であって解析モデルの概略を示すために表記する
	質点
	アンカ
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に 変位量を記載する。なお，S s機能維持の範囲はS s地震動による 変位量のみを記載する。)
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



鳥瞰図 R-F1 (L) (DB) (1/3)





## 3. 計算条件

## 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「MSAP」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	消火系	DB	—	クラス3管	C	I <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	

注記\*1：DBは設計基準対象施設を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重が作用している状態を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

## 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R-F1(L)

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	501～ 201	5.20	40	34.0	3.4	STPG370	C	202000
2	202～ 402	5.20	40	27.2	2.9	STPG370	C	202000

配管の付加質量

鳥 瞰 図 R-F1(L)

質量	対応する評価点
—	—

フランジ部等の質量

鳥 瞰 図 R-F1(L)

質量	対応する評価点
□ kg	501, 502, 503

弁部の質量

鳥 瞰 図 R-F1(L)

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
—	—	—	—

弁部の寸法

鳥 瞰 図 R-F1(L)

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
—	—	—	—

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 R-F1(L)

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
801						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						



### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa)			
		S <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S
STPG370	40	—	215	370	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
R-F1(L)	原子炉建物	EL 15.3m	0.5	—	—
		EL 10.1m	0.5	—	—
		EL 8.8m	0.5	—	—

#### 4. 解析結果及び評価

##### 4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 R-F1(L)

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次	0.060	8.37	12.19	11.51
2次	0.054	6.41	9.81	7.57
動的震度*3, *4		1.73	1.74	1.58

注記\*1:固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2:各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S s）又はこれを上回る設計用床応答スペクトルより得られる震度

\*3:設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

\*4:最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

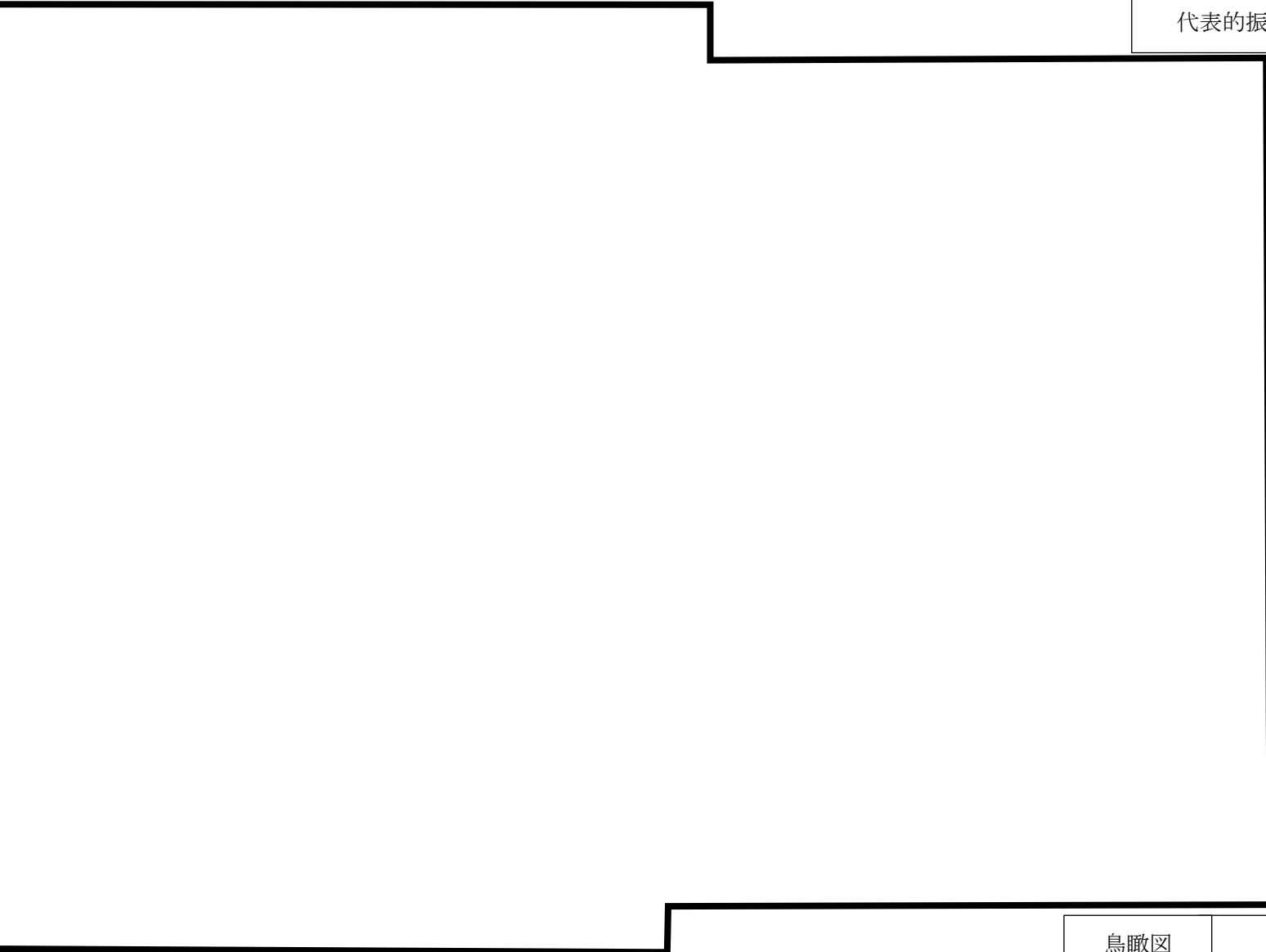
鳥 瞰 図 R-F1(L)

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.060	0.003	-1.324	-0.019
2次	0.054	0.984	-0.006	-0.075

注記\*:刺激係数はモードベクトルの最大値を1として正規化して算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

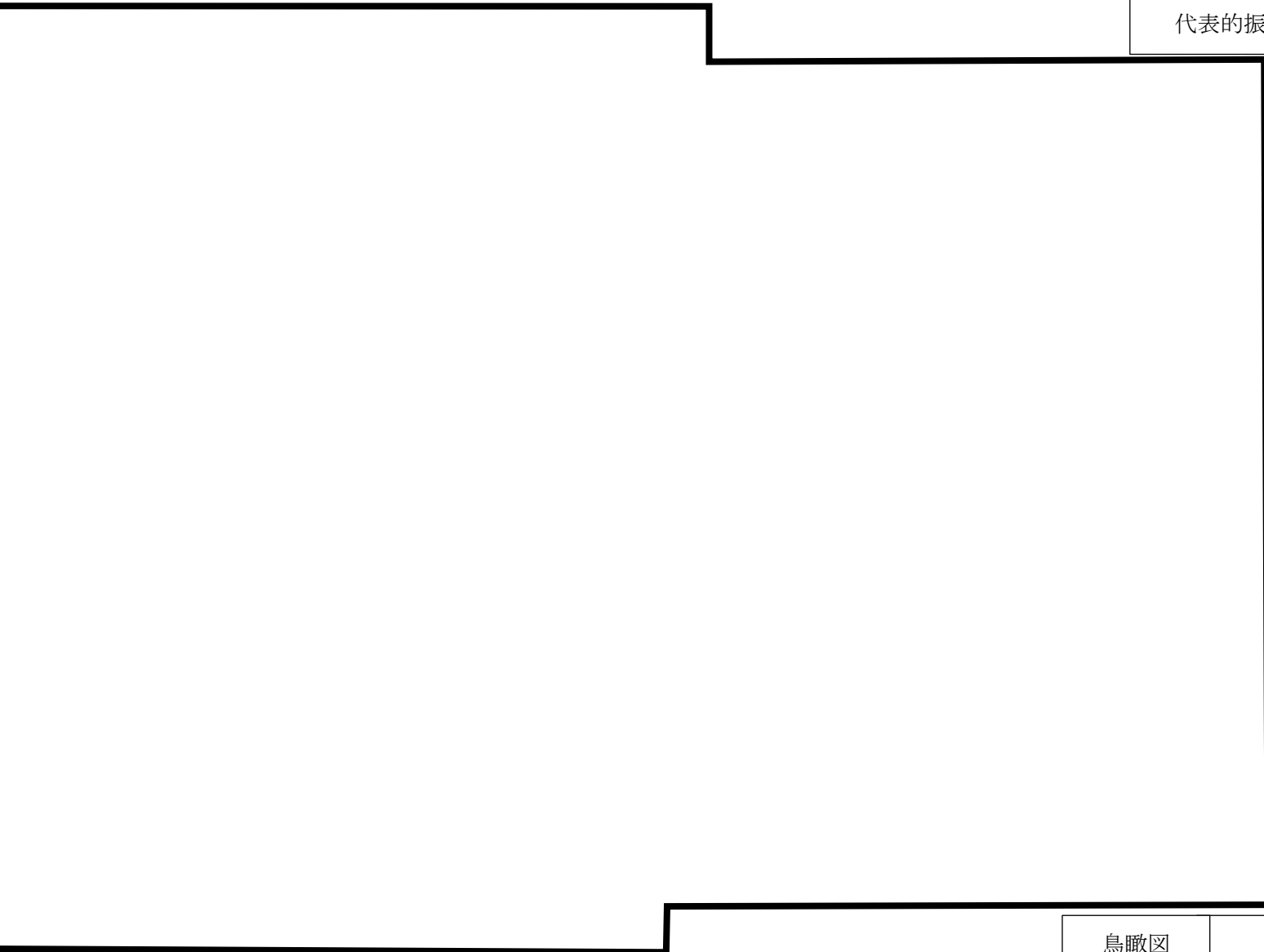


代表的振動モード図 (1次)

47

鳥瞰図

R - F 1 (L)



代表的振動モード図 (2次)

48

鳥瞰図

R - F 1 (L)

## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数
IV <sub>A</sub> S	一次応力( $0.9 \cdot S_u$ )	R-F1(L)	1	159	333	—
	一次+二次応力( $2 \cdot S_y$ )	R-F1(L)	1	292	430	—

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	荷重評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
PS-005	レストレイント	Uボルト	SS400	40	1	0	1	—	—	—	組合せ	63	258

## 4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	R-A1, D1, D2-1	2001	33	468	14.18	—	2001	28	410	14.64	—	—	—	—
2	R-A1, D1, D2-2	225	40	468	11.70	—	225	39	410	10.51	—	—	—	—
3	R-B1, B2, B4, B5, B6	2011	49	468	9.55	—	2011	57	410	7.19	—	—	—	—
4	R-C1, C2, C3, C5, C7, C8	24	67	468	6.98	—	24	88	410	4.65	—	—	—	—
5	R-E1, E2, E3, E4, E5, E7	4001	146	468	3.20	—	4001	246	410	1.66	—	—	—	—
6	R-F1, F2	21	51	468	9.17	—	24	61	410	6.72	—	—	—	—
7	R-G1, G2, G3, G4, G6-1	4071	56	468	8.35	—	4071	55	410	7.45	—	—	—	—
8	R-G1, G2, G3, G4, G6-2	8126	31	468	15.09	—	8126	15	410	27.33	—	—	—	—
9	R-G1, G2, G3, G4, G6-3	436	39	468	12.00	—	436	19	410	21.57	—	—	—	—
10	R-G1, G2, G3, G4, G6-4	6010	27	468	17.33	—	6010	11	410	37.27	—	—	—	—
11	R-I1	9	41	468	11.41	—	9	51	410	8.03	—	—	—	—
12	R-U1, U3, Z1-1	2022	36	468	13.00	—	2022	32	410	12.81	—	—	—	—
13	R-U1, U3, Z1-2	8903	22	333	15.13	—	30	17	410	24.11	—	—	—	—

## S2 補 IV-2-別添 1-3-4 R1

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣΔS												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
14	R-U1, U3, Z1-3	213	79	468	5.92	—	8504	228	410	1.79	—	—	—	—
15	R-U1, U3, Z1-4	8159	39	468	12.00	—	8159	37	410	11.08	—	—	—	—
16	R-U1, U3, Z1-5	621	88	468	5.31	—	8008	213	410	1.92	—	—	—	—
17	R-H1-1-1	2001	32	468	14.62	—	2001	25	410	16.40	—	—	—	—
18	R-J1-1	2	32	468	14.62	—	2	26	410	15.76	—	—	—	—
19	R-J1-2	4021	35	468	13.37	—	4021	19	410	21.57	—	—	—	—
20	R-J1-3	83	30	468	15.60	—	83	9	410	45.55	—	—	—	—
21	R-J1-4	74	34	468	13.76	—	74	17	410	24.11	—	—	—	—
22	R-J1-5	8021	41	468	11.41	—	8021	30	410	13.66	—	—	—	—
23	R-J1-6	6003	33	468	14.18	—	6002	12	410	34.16	—	—	—	—
24	R-J1, J10-1	6001	22	468	21.27	—	6001	4	410	102.50	—	—	—	—
25	R-J1-7	8001	28	468	16.71	—	8001	5	410	82.00	—	—	—	—
26	R-J1-10	601	25	468	18.72	—	601	7	410	58.57	—	—	—	—
27	R-J1, J10-2	6001	26	468	18.00	—	6001	2	410	205.00	—	—	—	—
28	R-J1, J10-3	174	46	468	10.17	—	174	30	410	13.66	—	—	—	—
29	R-J1, J10-4	222	44	468	10.63	—	222	29	410	14.13	—	—	—	—
30	R-J1, J10-5	2162	47	468	9.95	—	2162	41	410	10.00	—	—	—	—
31	R-J1, J10-6	260	54	468	8.66	—	260	49	410	8.36	—	—	—	—



No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣA S												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
32	R-J1-11	8001	24	468	19.50	—	8001	4	410	102.50	—	—	—	—
33	R-J1-13	2001	39	468	12.00	—	2001	38	410	10.78	—	—	—	—
34	R-J1-14	2021	51	468	9.17	—	2021	59	410	6.94	—	—	—	—
35	R-J1-15	4021	57	468	8.21	—	4021	62	410	6.61	—	—	—	—
36	R-J1-16	232	52	468	9.00	—	232	54	410	7.59	—	—	—	—
37	R-J1-17	2091	41	468	11.41	—	2091	43	410	9.53	—	—	—	—
38	R-J1-18	2111	69	468	6.78	—	2111	99	410	4.14	—	—	—	—
39	R-J1-19	4081	45	468	10.40	—	4081	40	410	10.25	—	—	—	—
40	R-J1-20	2141	58	468	8.06	—	2141	76	410	5.39	—	—	—	—
41	R-J1-21	2181	67	468	6.98	—	2181	95	410	4.31	—	—	—	—
42	R-J1-22	1142	49	468	9.55	—	1142	51	410	8.03	—	—	—	—
43	R-J1-23	8001	22	468	21.27	—	8001	2	410	205.00	—	—	—	—
44	R-J1-24	8008	34	468	13.76	—	11	24	410	17.08	—	—	—	—
45	R-J1-25	8001	26	468	18.00	—	8001	2	410	205.00	—	—	—	—
46	R-J1-26	8087	33	468	14.18	—	8087	16	410	25.62	—	—	—	—
47	R-J1-27	8160	34	468	13.76	—	8160	18	410	22.77	—	—	—	—
48	R-K1, K2, K3	278	47	468	9.95	—	278	61	410	6.72	—	—	—	—
49	R-L1-1	8003	40	468	11.70	—	8003	38	410	10.78	—	—	—	—

S2 補 IV-2-別添 1-3-4 R1

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
50	R-M1, M2, M3, M4, M6	8162	59	468	7.93	—	8162	85	410	4.82	—	—	—	—
51	R-N1, N6, N7, N8	857	144	468	3.25	—	857	236	410	1.73	—	—	—	—
52	R-O2	3	40	468	11.70	—	3	37	410	11.08	—	—	—	—
53	R-P1, P2, P3, P4-1	176	61	468	7.67	—	176	81	410	5.06	—	—	—	—
54	R-X1	3	41	468	11.41	—	3	53	410	7.73	—	—	—	—
55	R-Y1	6	36	468	13.00	—	3	44	410	9.31	—	—	—	—
56	R-Q2, Q3, Q4, Q5, Q6	326	77	468	6.07	—	326	127	410	3.22	—	—	—	—
57	R-R3	3	41	468	11.41	—	3	47	410	8.72	—	—	—	—
58	R-S1	5	34	468	13.76	—	8025	26	410	15.76	—	—	—	—
59	R-T1, T2, T5, T6, T8	4031	57	468	8.21	—	2011	72	410	5.69	—	—	—	—
60	R-W1, W2	4021	79	468	5.92	—	4021	95	410	4.31	—	—	—	—
61	T-A1, A2-1	4031	46	468	10.17	—	44	60	410	6.83	—	—	—	—
62	T-B1, B2, B3	2181	45	468	10.40	—	2162	50	410	8.20	—	—	—	—
63	T-C1, C2, C3, C4-1	4031	66	468	7.09	—	4031	90	410	4.55	—	—	—	—
64	T-D1, D2	4011	59	468	7.93	—	4011	69	410	5.94	—	—	—	—
65	T-F1	8006	35	468	13.37	—	8003	22	410	18.63	—	—	—	—
66	T-I1	8003	52	468	9.00	—	8003	66	410	6.21	—	—	—	—
67	RW-A1, A2, A3, A4	6008	41	468	11.41	—	6003	46	410	8.91	—	—	—	—

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
68	RW-B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10	213	60	468	7.80	—	213	92	410	4.45	—	—	—	—
69	RW-C1-1	8009	58	468	8.06	—	8009	66	410	6.21	—	—	—	—
70	RW-C1-2	304	65	468	7.20	—	304	85	410	4.82	—	—	—	—
71	RW-I1	9	35	468	13.37	—	9	36	410	11.38	—	—	—	—
72	RW-K1	3	39	468	12.00	—	3	37	410	11.08	—	—	—	—
73	RW-E1	3	30	468	15.60	—	3	25	410	16.40	—	—	—	—
74	RW-L1, L2, L3	184	71	468	6.59	—	184	105	410	3.90	—	—	—	—
75	C-A1	3	60	468	7.80	—	3	85	410	4.82	—	—	—	—
76	LOT-A1, A2-1	4011	47	468	9.95	—	4011	53	410	7.73	—	—	—	—
77	LOT-A1, A2-2-1	62	53	468	8.83	—	62	76	410	5.39	—	—	—	—
78	LOT-A1, A2-3	98	89	468	5.25	—	98	143	410	2.86	—	—	—	—
79	K-1F-001, 002, 003-1	4021	86	468	5.44	—	4021	126	410	3.25	—	—	—	—
80	K-1F-001, 002, 003-2	217	48	468	9.75	—	217	68	410	6.02	—	—	—	—
81	C-B1 (L), B2 (L)-2	4101	65	468	7.20	—	4101	86	410	4.76	—	—	—	—
82	R-A1 (L), A2 (L)-1	8505	119	333	2.79	—	8505	193	430	2.22	—	—	—	—
83	R-B1 (L), C1 (L)-1	8608	127	333	2.62	—	8608	196	430	2.19	—	—	—	—

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S												
		一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
84	R-B1(L), C1(L)-2	700	135	333	2.46	—	700	228	430	1.88	—	—	—	—
85	R-D1(L)	8509	133	333	2.50	—	8509	224	430	1.91	—	—	—	—
86	R-E1(L)-1	2502	110	333	3.02	—	2502	180	430	2.38	—	—	—	—
87	R-F1(L)	1	159	333	2.09	○	1	292	430	1.47	○	—	—	—
88	RW-A1(L), A2(L)-1	2021	49	333	6.79	—	2021	62	430	6.93	—	—	—	—
89	G-A1	8030	134	468	3.49	—	8030	241	410	1.70	—	—	—	—
90	G-A2	676	118	468	3.96	—	676	195	410	2.10	—	—	—	—
91	G-A3	39	90	468	5.20	—	36	137	410	2.99	—	—	—	—
92	G-A4	28	110	468	4.25	—	28	179	410	2.29	—	—	—	—
93	G-A5	7	92	468	5.08	—	7	142	410	2.88	—	—	—	—
94	G-A6	7	35	468	13.37	—	7	26	410	15.76	—	—	—	—
95	G-B1	54	149	468	3.14	—	54	262	410	1.56	—	—	—	—
96	G-B2	8014	106	468	4.41	—	8014	180	410	2.27	—	—	—	—
97	G-B3	25	136	468	3.44	—	25	233	410	1.75	—	—	—	—
98	G-B4	8004	46	468	10.17	—	8004	41	410	10.00	—	—	—	—
99	G-B5	617	75	468	6.24	—	617	106	410	3.86	—	—	—	—
100	G-B6	7	35	468	13.37	—	7	26	410	15.76	—	—	—	—

## 4.2.4 ケーブルトレイ消火設備耐震評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

設置位置での加速度と加振台の最大加速度

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
消火配管 (原子炉建物*1 EL 42.8m)	水平方向	2.93*2	5.0
	鉛直方向	2.06*2	3.0

注記\*1：消火配管は建物壁に設置されるため、評価対象フロアの上下階のうち、いずれか大きい方の基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度を用いる。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）により定まる加速度

VI-2-別添 1-4 火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ  
に関する影響評価

## 目 次

1. 概要	1
2. 影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
3. 評価結果	4
3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の検討による機器・配管系への影響の 検討結果	4
3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果	4
3.5 まとめ	5

## 1. 概要

本資料は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、火災防護設備について設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能及び動的機能を有することを確認するため、動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

## 2. 影響評価

### 2.1 基本方針

火災防護設備に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

### 2.2 評価条件及び評価方法

VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価フローを図 2-1 に示す。

#### (1) 評価対象となる設備の整理

火災防護設備のうち、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してその機能が維持できることを確認する設備を評価対象とする。（図 2-1①）

#### (2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図 2-1②）

#### (3) 発生値の増分による抽出

水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向の地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。



影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。（図2-1③）

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。（図2-1④）

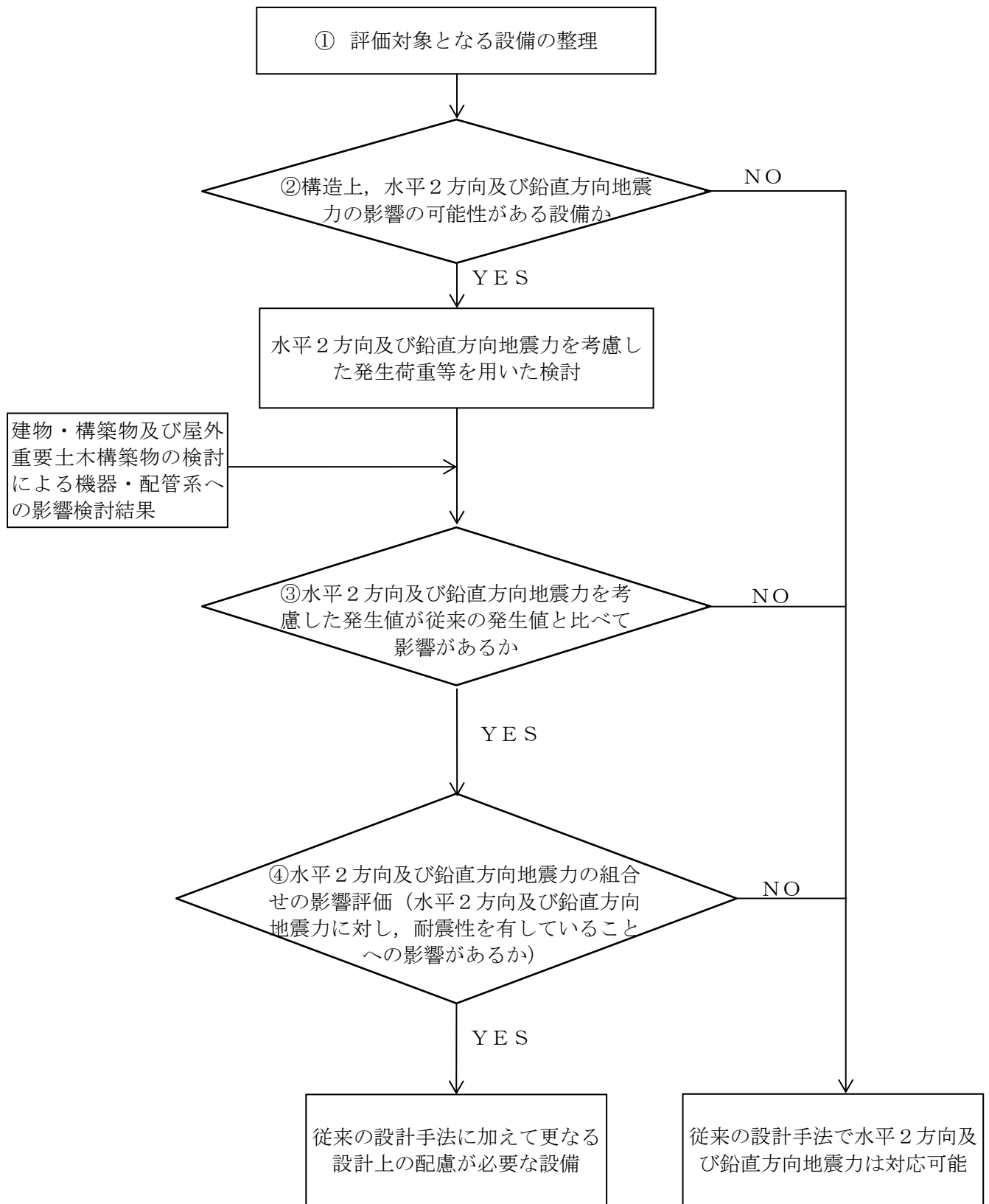


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

### 3. 評価結果

#### 3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を表3-1に示す。VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備の抽出結果を表3-2に示す。

##### (1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。

##### (2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出した。

##### (3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)にて影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

#### 3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の検討において、火災防護設備への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

#### 3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表3-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力をVI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

#### 3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果

「3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して、設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表3-3に示す。

### 3.5 まとめ

火災防護設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも火災防護設備が有する耐震性への影響がないことを確認したため、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表 3-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備

設備名称	評価部位
火災感知器	基礎ボルト 取付ボルト
火災受信機盤	基礎ボルト 取付ボルト
ボンベラック	ボンベラック部材 基礎ボルト
選択弁	選択弁ラック部材 基礎ボルト
制御盤（全域ガス消火設備）	基礎ボルト 取付ボルト
消火配管	消火配管（ハロゲン化物消火設備） 消火配管（ケーブルトレイ消火設備）

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/4)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				抽出結果
	3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) ×：発生しない ○：発生する	3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (以下「増分の観点」という。) ○：影響あり —：該当なし		
火災感知器	△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	—		火災感知器は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
火災受信機盤	△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	—		火災受信機盤は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
ボンベラック	△ (ボンベラック部材) 一次応力 (組合せ) *	×	—		ボンベラックは、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
選択弁 (選択弁ラック)	△ (選択弁ラック部材) 一次応力 (組合せ) *	×	—		選択弁ラックは、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。

注記\*：VI-2-別添 1-2-1～2, VI-2-別添 1-3-1～4 の各耐震計算書のうち、評価上厳しい応力を記載する。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/4)

## (1) 構造強度評価 (続き)

設備名称		水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
		3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) ×：発生しない ○：発生する	3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (以下「増分の観点」という。) ○：影響あり —：該当なし	
制御盤 (全域ガス消火設備)		△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	—	制御盤 (全域ガス消火設備) は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
消火配管	ハロゲン化物消火設備	△ (配管本体) 一次+二次応力*	○	—	ハロゲン化物消火配管は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、三次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	ケーブルトレイ消火設備	○ (配管本体)	○	○	影響評価結果は表 3-3 を参照。

注記\*：VI-2-別添 1-2-1～2, VI-2-別添 1-3-1～4 の各耐震計算書のうち、評価上厳しい応力を記載する。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/4)

## (2) 機能維持評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			検討結果
	3.1(1)重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2)ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.1(3)増分の観点 ○：影響あり —：該当なし	
火災感知器	△	×	—	火災感知器は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
火災受信機盤	△	×	—	盤内に取付けられている電気品は、基本的に一次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全て梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平 1 方向の地震力を負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造強度評価結果 (4/4)

## (2) 機能維持評価 (続き)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			検討結果
	3.1(1)重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2)ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.1(3)増分の観点 ○：影響あり —：該当なし	
容器弁	△	×	—	容器弁は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
選択弁	△	○	—	選択弁は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 選択弁は配管系の三次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
制御盤 (全域ガス消火設備)	△	×	—	盤内に取付けられている電気品は、基本的に一次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全て梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平 1 方向の地震力を負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。



表 3-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の構造強度評価結果

## (1) 構造強度評価

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

設備名称		水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性							
		加速度 評価部位	設置位置	水平方向加速度				機能確認済 加速度	判定
				1 方向入力 発生加速度		2 方向入力 発生加速度			
				NS 方向	EW 方向				
消火 配管	ケーブルトレイ 消火設備	配管本体	原子炉建物*1 EL 42.8m	2.27*2	2.40*2	2.57*3	3.0	○	

- 10 注記\*1：機器の設置位置のうち最も加速度が大きい階の基準値振動 S<sub>s</sub> により定める応答加速度を用いる。  
 \*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
 \*3：1 方向入力発生加速度に組合せ係数法を適用し、ベクトル和にて算出したものを記載している。

## VI-2-別添2 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書

## VI-2-別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震計算の方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	2
2.1.1 B, Cクラス機器	2
2.1.2 溢水防護に係る施設	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	12
3.1 荷重及び荷重の組合せ	12
3.1.1 荷重の種類	12
3.1.2 荷重の組合せ	12
3.2 許容限界	13
3.2.1 B, Cクラス機器	13
3.2.2 溢水防護に係る施設	13
4. 耐震評価方法	14
4.1 地震応答解析	14
4.1.1 入力地震動	16
4.1.2 解析方法及び解析モデル	16
4.1.3 設計用減衰定数	18
4.2 耐震評価	20
4.2.1 耐震評価方法	20
4.3 機能維持評価	21
4.3.1 動的機能の維持	21
4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	22
5. 適用規格・基準等	23

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 6 号）（以下「技術基準規則」という。）」第 12 条及び第 54 条並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちVI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて耐震性を有することから溢水源として設定しないとした B, C クラス機器（以下「B, C クラス機器」という。）及び C クラス機器で工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。B, C クラス機器及び溢水防護に係る施設への基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第 5 条及び 50 条の対象ではない。

B, C クラス機器の具体的な計算の方法及び結果は VI-2-別添 2-2「溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書」に、溢水防護に係る施設のうち大型タンク遮断弁、燃料プール冷却系弁、循環水ポンプ出口弁、復水器水室出入口弁、被水防護カバー及び通水扉の具体的な計算の方法及び結果は VI-2-別添 2-5「大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-4「燃料プール冷却系弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-6「循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-7「被水防護カバーの耐震性についての計算書」及び VI-2-別添 2-3「通水扉の耐震性についての計算書」に示すとともに、動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果は VI-2-別添 2-8「溢水防護に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

また、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、止水性の維持を期待する床ドレン逆止弁及び貫通部止水処置の耐震性については、評価対象が同一である VI-2-10-2-10「床ドレン逆止弁の耐震性についての計算書」及び VI-2-10-2-15「貫通部止水処置の耐震性についての計算書」に示す。

循環水系隔離システム等の漏えい検知器及び制御盤の耐震性については、タービン補機海水系隔離システムと同一のものを使用するため、VI-2-10-2-12「タービン補機海水系隔離システムの耐震性についての計算書」に示す。

なお、主要設備リストに記載する浸水防護施設となる水密扉、堰、防水板及び防水壁の基本方針書を VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示し、その耐震性についての計算書を VI-2-10-2-9「水密扉の耐震性についての計算書」、VI-2-10-2-13「堰の耐震性についての計算書」、VI-2-10-2-14「防水板の耐震性についての計算書」及び VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す。

## 2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動  $S_s$  による地震力と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重による応力又は荷重（以下「応力等」という。）が、「3.2 許容限界」で示す許容限界内にあること

を「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用規格・基準等」で示す適用規格を用いて確認する。

B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、その機能を維持又は保持できる設計とすることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせる。影響評価方法は「4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

## 2.1 評価対象施設

評価対象施設は、B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設（VI-2-10-2「浸水防護施設の耐震性に関する説明書」で評価する浸水防護施設を除く。以下同じ。）を対象とする。なお、溢水防護に係る施設のうち通水扉は、地震起因による溢水の排水を期待するものを対象とする。

### 2.1.1 B, Cクラス機器

VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて溢水源となり得る流体を内包する機器のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して溢水源として想定しないB, Cクラス機器を評価対象施設とする。

評価対象施設のうち機器・配管系であるポンプ、熱交換器等、配管、弁及び支持構造物の構造は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示す各構造を踏まえ、応答性を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度を有する構造とする。

また、評価対象施設のうち土木構造物は、基準地震動 $S_s$ に対して構造強度を有する構造とする。

### 2.1.2 溢水防護に係る施設

溢水防護に係る施設の構造計画を表2-1～8に示す。

表 2-1 構造計画（大型タンク遮断弁）（1/2）  
（復水貯蔵タンク，補助復水貯蔵タンク）

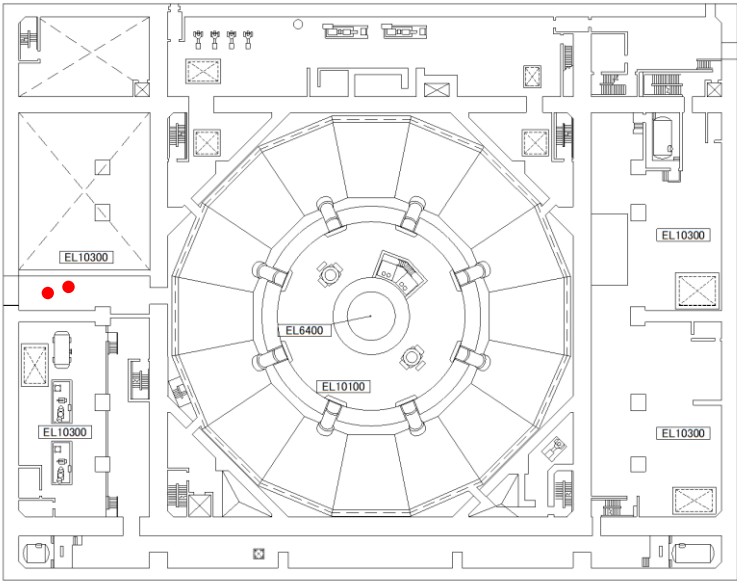
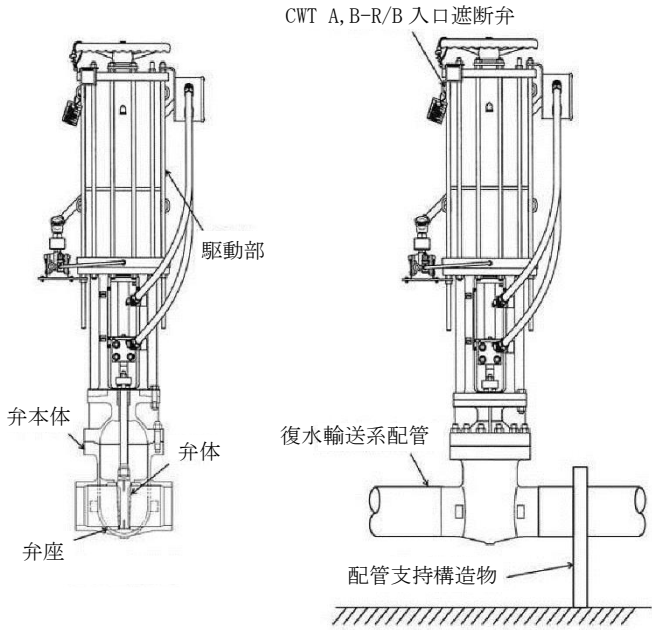
配置図		
		
原子炉建物 EL 10300		
計画の概要		
型式	主体構造	支持構造
空気作動 ゲート弁	弁体を含む 弁本体，弁 体を空気作 動にて駆動 する駆動部 で構成す る。	復水輸送系 配管に設置 される。 弁が設置さ れた管は支 持構造物に て支持す る。
概略構造図		
		
弁断面構造図		弁設置位置

表 2-1 構造計画（大型タンク遮断弁）（2/2）  
（復水貯蔵タンク，補助復水貯蔵タンク）

配置図		
<p style="text-align: center;">原子炉建物 EL 10300</p>		
計画の概要		
型式	主体構造	支持構造
空気作動 ゲート弁	弁体を含む 弁本体，弁 体を空気作 動にて駆動 する駆動部 で構成す る。	制御棒駆動 系配管に設 置される。 弁本体及び 弁が設置さ れた管は支 持構造物に て支持す る。
概略構造図		
<p>駆動部</p> <p>弁本体</p> <p>弁体</p> <p>弁座</p> <p style="text-align: center;"><u>弁断面構造図</u></p>		<p>CRD A, B-R/B 入口遮断弁</p> <p>配管支持構造物</p> <p>制御棒駆動 系配管</p> <p style="text-align: center;"><u>弁設置位置</u></p>



表 2-2 構造計画 (大型タンク遮断弁)  
(ろ過水タンク)

配置図		
タービン建物 EL 5500		廃棄物処理建物 EL12300
計画の概要		
型式	主体構造	支持構造
空気作動 ボール弁	弁体を含む弁本体、弁体を空気作動にて駆動する駆動部で構成する。	消火系配管に設置される。弁が設置された管は支持構造物にて支持する。
<p style="text-align: center;">概略構造図</p> <p style="text-align: center;">弁断面構造図</p> <p style="text-align: center;">FP A, B-RW/B 入口供給遮断弁</p> <p style="text-align: center;">弁設置位置</p>		

表 2-3 構造計画 (大型タンク遮断弁)  
(純水タンク)

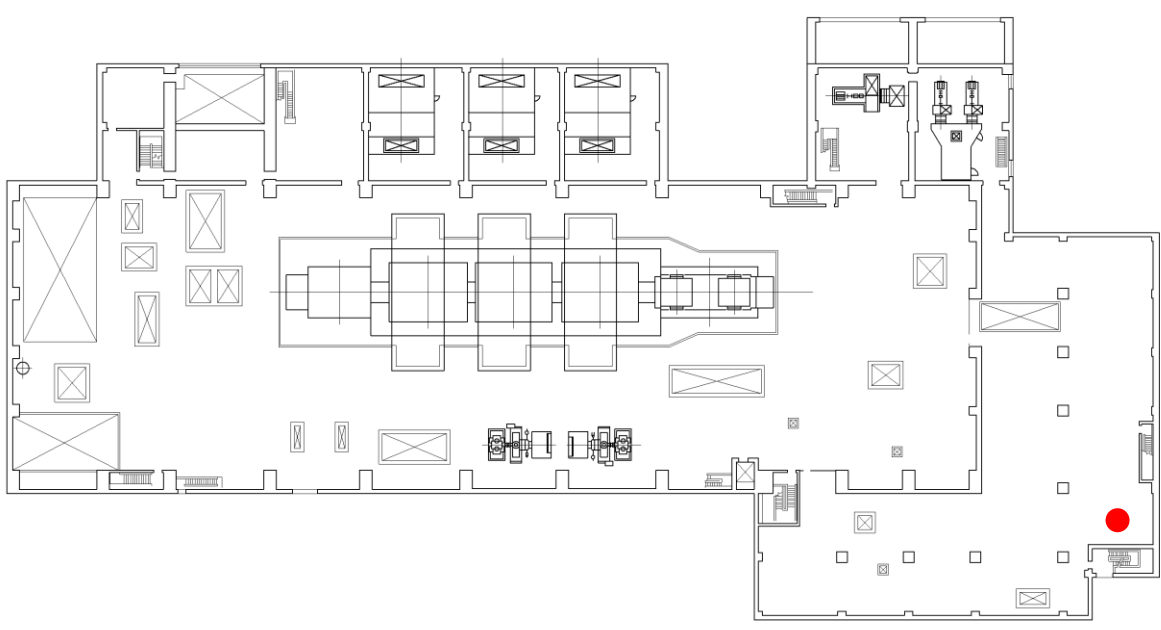
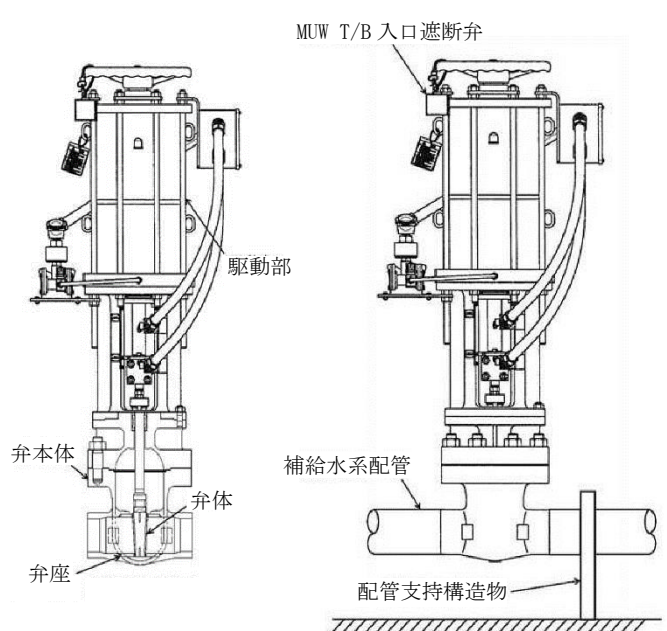
配置図		
		
タービン建物 EL 20600		
計画の概要		
型式	主体構造	支持構造
空気作動 ゲート弁	弁体を含む 弁本体, 弁体 を空気作動 にて駆動す る駆動部で 構成する。	補給水系配 管に設置さ れる。 弁が設置さ れた管は支 持構造物に て支持する。
概略構造図		
		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>弁断面構造図</span> <span>弁設置位置</span> </div>		

表 2-4 構造計画 (燃料プール冷却系弁)

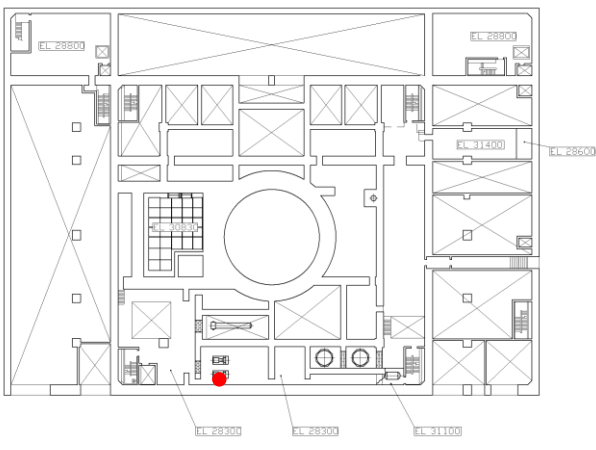
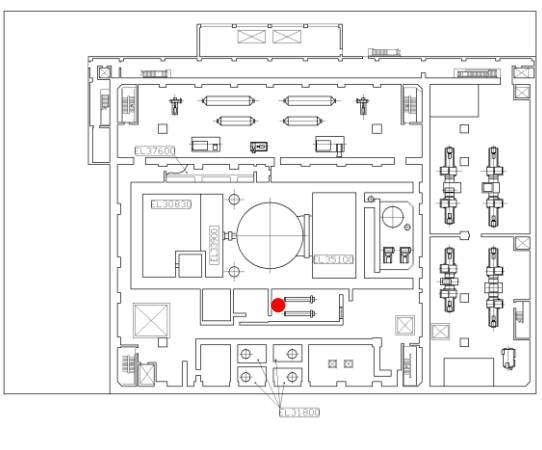
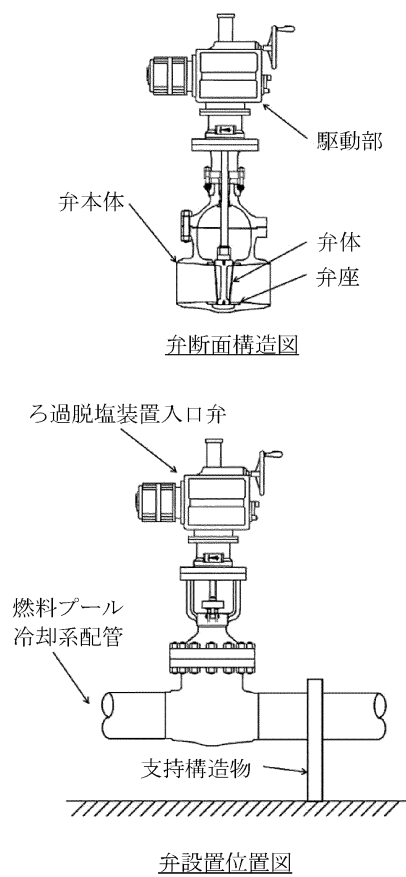
配置図			
 <p style="text-align: center;">入口弁 原子炉建物 EL 30500</p>		 <p style="text-align: center;">バイパス弁 原子炉建物 EL 34800</p>	
計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
入口弁 電動ゲート弁  バイパス弁 電動グローブ弁	弁体を含む弁本体, 弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	燃料プール冷却系配管に設置される。 弁が設置された管は支持構造物にて支持する。	 <p style="text-align: center;">弁設置位置図</p>

表 2-5 構造計画 (循環水ポンプ出口弁)

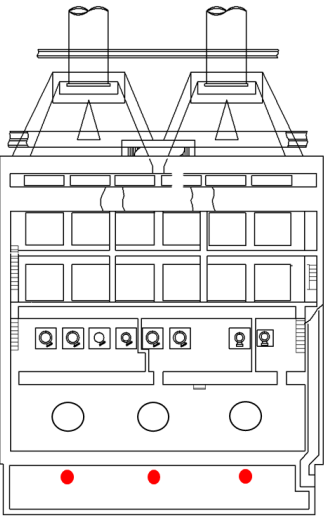
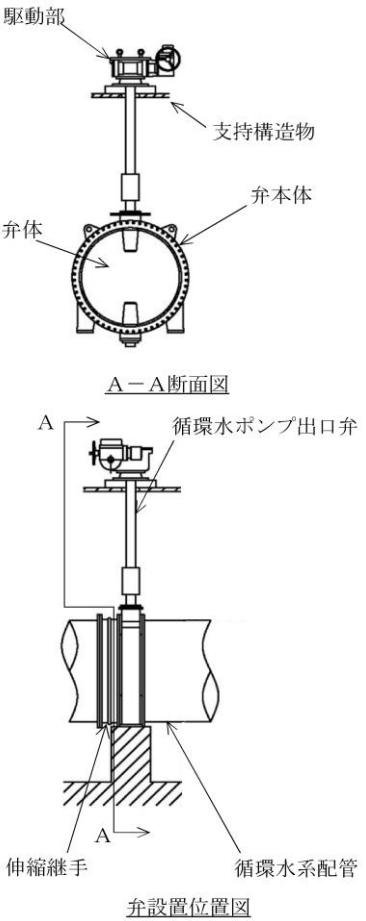
配置図			
			
取水槽 EL 1100			
計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体, 弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	循環水系配管及び支持構造物に固定する。	

表 2-6 構造計画（復水器水室出入口弁）

配置図		
<p style="text-align: center;">タービン建物 EL 2000</p>		
計画の概要		
型式	主体構造	支持構造
<p>電動バタフライ弁</p>	<p>弁体を含む弁本体, 弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。</p>	<p>循環水系配管に固定する。</p>
概略構造図		

表 2-7 構造計画（被水防護カバー）

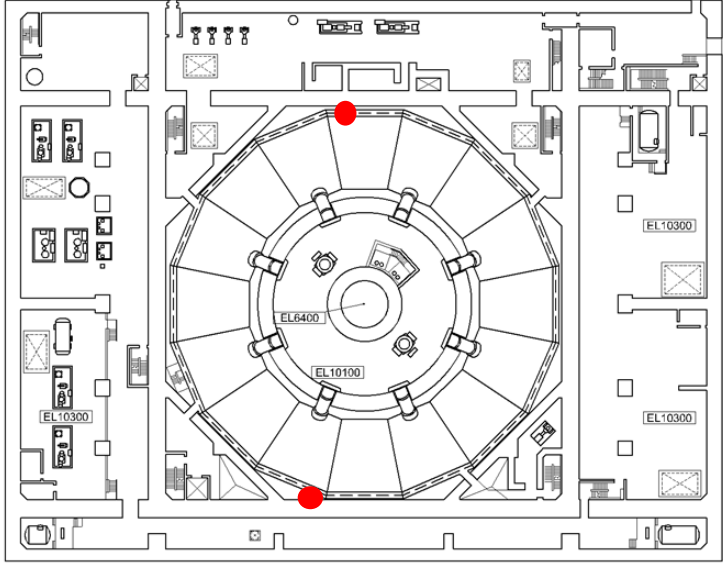
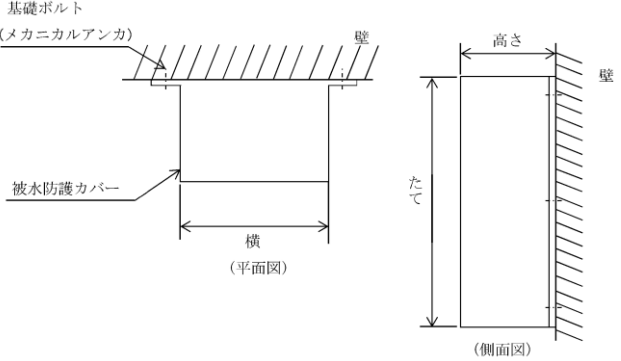


















配置図															
															
原子炉建物 EL 8800															
計画の概要			概略構造図												
型式	主体構造	支持構造													
壁掛形鋼製 収納盤	壁掛形 (鋼製の収 納盤で構成 する。)	被水防護カ バーは基礎 ボルトにて 壁に設置す る。													
			<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">機器名称</th> <th style="text-align: center;">被水防護カバー (RE295-26A)</th> <th style="text-align: center;">被水防護カバー (RE295-26B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">たて</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">横</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">高さ</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	被水防護カバー (RE295-26A)	被水防護カバー (RE295-26B)	たて			横			高さ		
機器名称	被水防護カバー (RE295-26A)	被水防護カバー (RE295-26B)													
たて															
横															
高さ															
(単位：mm)															

表 2-8 構造計画（通水扉）

配置図			
原子炉建物 EL 23800		原子炉建物 EL 15300	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <span style="color: red;">●</span> : 地震起因による溢水の排水を期待する通水扉         </div>			
計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
通水扉	<p>通水扉は、小扉を内蔵した開き戸形式の鋼製扉とし、通水扉と支持構造である扉枠とを丁番により接合することで一体化させる構造とする。内蔵する小扉は開き戸形式の鋼製扉とし、丁番により通水扉に接合することで一体化させる構造とする。</p>	<p>通水扉は、丁番により扉枠に固定することで建物構造体と一体となった扉枠により支持される構造とする。内蔵する小扉フラップ（以下「小扉」という。）は、丁番により通水扉に固定することで通水扉により支持される構造とする。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

##### 3.1.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、溢水起因の荷重と組み合わせない\*ため、以下の荷重を用いる。

##### (1) 機器・配管系

###### a. 常時作用する荷重 (D)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重とする。

###### b. 内圧荷重 (P<sub>D</sub>)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

###### c. 機械的荷重 (M<sub>D</sub>)

当該設備に設計上定められた機械的荷重

###### d. 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

地震荷重は、基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる地震力とする。

###### e. 積雪荷重 (P<sub>s</sub>)

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0 cm とする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量 1 cm ごとに 20N/m<sup>2</sup> の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

###### f. 風荷重 (P<sub>K</sub>)

風荷重については、設計基準風速を 30m/s とし、建築基準法に基づき算定する。

##### (2) 土木構造物及び建物・構築物

###### a. 固定荷重 (G)

躯体自重等を考慮する。

###### b. 積載荷重 (P)

積雪荷重、風荷重等を考慮する。

###### c. 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力 (S<sub>s</sub>)

基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力を考慮する。

##### 3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、溢水起因の荷重と組み合わせない\*ため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す機器・配管系、土木構造物又は建物・構築物の荷重の組合せを踏まえて設定する。



注記\*：地震起因により発生する溢水は、地震後に作用するため、地震荷重と組み合わせない。なお、VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて溢水源として設定する想定破損による溢水及び消火水の放水による溢水の荷重は、地震起因による溢水と重畳しない。

## 3.2 許容限界

### 3.2.1 B, Cクラス機器

B, Cクラス機器の許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する耐震性を有し、機器の破損により溢水源とならない設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す機器・配管系又は土木構造物の許容限界を基本とする。

### 3.2.2 溢水防護に係る施設

溢水防護に係る施設の許容限界は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」にて設定している施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び設計方針を踏まえて、評価部位ごとに、地震時及び地震後に機能維持が可能となるように設定する。

溢水防護に係る施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の損傷モードを踏まえ評価項目を選定し定める。

#### (1) 大型タンク遮断弁

大型タンク遮断弁の許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震後の閉止する機能の維持を考慮して弁本体、弁を支持する管及び支持構造物が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を準用する。

#### (2) 燃料プール冷却系弁

燃料プール冷却系弁の許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震後の開閉する機能の維持を考慮して弁本体、弁を支持する管及び支持構造物が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を準用する。

#### (3) 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震後の閉止する機能の維持を考慮して弁本体、弁を支持する管及び支持構造物が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を準用する。

#### (4) 被水防護カバー

被水防護カバーの許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震後の防水機能の維持を考慮して、主要な構造部材が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とする

ため、被水防護カバーを固定する基礎ボルトはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している「その他の支持構造物」の許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容限界を準用する。

(5) 通水扉

通水扉の許容限界は、基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対し、地震後の排水機能の維持を考慮して、主要な構造部材が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している「津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備 (b) 建物・構築物」の許容限界を準用する。

4. 耐震評価方法

B、Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は「4.1 地震応答解析」、 「4.2 耐震評価」及び「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

B、Cクラス機器の地震応答解析は「4.1.1 入力地震動」に示す入力地震動、「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

図4-1にB、Cクラス機器の地震応答解析の手順を示す。

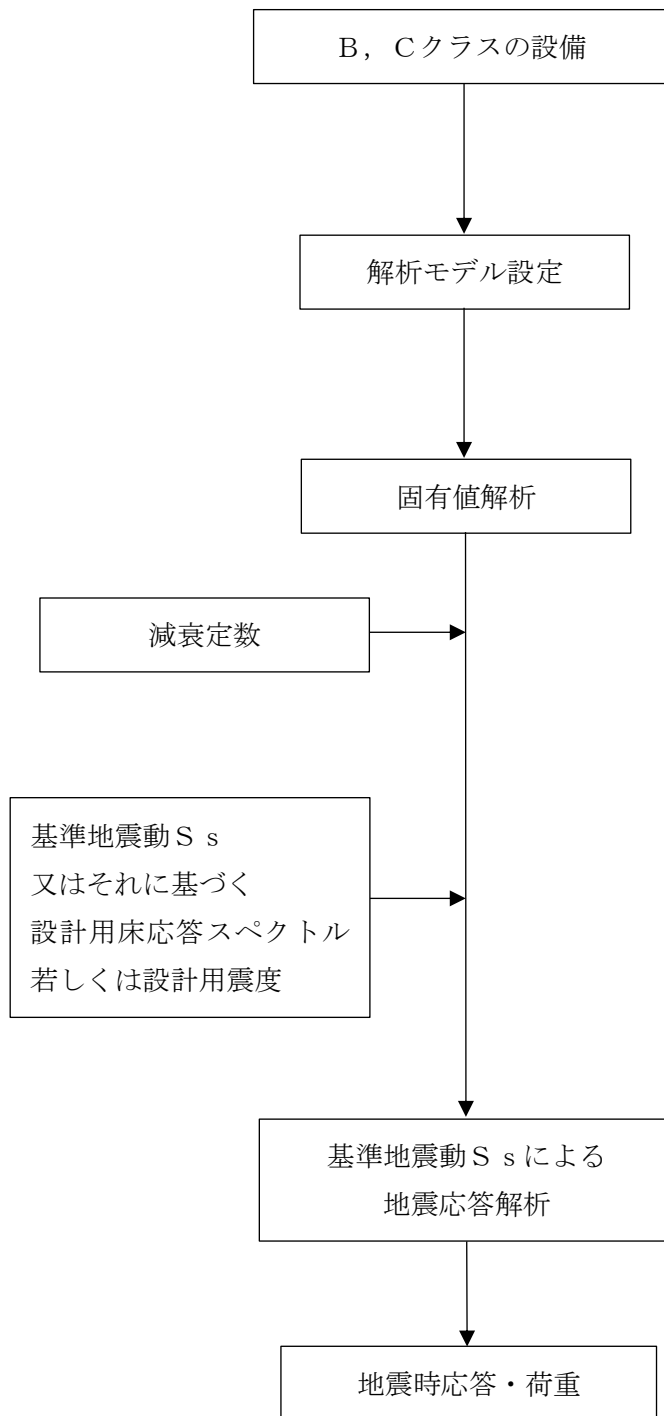


図 4-1 B, Cクラス機器の地震応答解析の手順

#### 4.1.1 入力地震動

B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析に用いる入力地震動は、機器・配管系はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」、土木構造物及び建物・構築物はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき設定する。

#### 4.1.2 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等、各種物性値は、適切な規格・基準、あるいは実験等の結果に基づき設定する。

##### (1) 機器・配管系

機器の解析にあたっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう1質点系、多質点系モデル等に置換し、定式化された評価式を用いた解析法（一般機器等）又は、設計用床応答スペクトルを用いたスペクトルモーダル解析法により応答を求める。

剛性の高い機器は、その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて地震力を算出する。

配管系については、多質点系モデルに置換し、設計用床応答スペクトルを用いたスペクトルモーダル解析法により応答を求める。

なお、動的解析に用いる地震力は材料物性のばらつき等を適切に考慮する。

##### a. 解析方法

- ・定式化された評価式を用いた解析法（一般機器等）
- ・スペクトルモーダル解析法

##### b. 解析モデル

代表的な機器・配管系の解析モデルを以下に示す。耐震評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### (a) 一般機器

ポンプ、熱交換器等の一般の機器は、機器本体及び支持構造物の剛性をそれぞれ考慮し、原則として重心位置に質量を集中させた1質点系にモデル化する。

##### (b) 配管

配管は3次元多質点はりモデルに置換する。

(2) 土木構造物

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、各構造物に応じた適切な解析条件を設定する。地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる手法とし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形、非線形解析のいずれかに行う。地震応答解析に用いる材料定数については、材料物性のばらつき等による変動が土木構造物の振動性状や応答性状に及ぼす影響を検討し、材料物性のばらつき等を適切に考慮する。

(3) 建物・構築物

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。

また、原則として、建物・構築物の地震応答解析及び床応答スペクトルの策定は、線形解析及び非線形解析に適用可能な時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の動的解析にあたっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

地震応答解析に用いる材料定数については、材料物性のばらつき等を適切に考慮する。

通水扉は剛構造とすることにより、建物・構築物の地震応答解析による加速度を震度として作用させて地震力を算定する。

#### 4.1.3 設計用減衰定数

機器・配管系の地震応答解析に用いる減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に設定している、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）に記載されている減衰定数を設備の種類、構造等により適切に選定するとともに、試験等で妥当性が確認された値も用いる。具体的には表4-1に示す値を用いる。

地盤と土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減衰定数については、地中構造物としての特徴、同モデルの振動特性を考慮して適切に設定する。

表 4-1 減衰定数 (1/2)

設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 <sup>*1</sup>
ボルト及びリベット構造物	2.0	2.0 <sup>*1</sup>
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	1.0 <sup>*1</sup>
配管系	0.5~3.0 <sup>*2, *3</sup>	0.5~3.0 <sup>*1, *2, *3</sup>

注記\*1：既往の研究等において、設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討され妥当性が確認された値

\*2：既往の研究等において、試験及び解析等により妥当性が評価されている値

\*3：具体的な適用条件を「(2) 配管系の減衰定数」に示す。

#### (参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究 (H12~H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (H7~H10)」

表 4-1 減衰定数 (2/2)

配管区分*1, *2		減衰定数*3 (%)	
		保温材無	保温材有*4
I	スナップ及び架構レストレイント支持主体の配管で、その支持具（スナップ及び架構レストレイント）数が4個以上のもの	2.0	3.0*5
II	スナップ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系でその支持具（アンカ及びUボルトを除く）数が4個以上であり、配管区分Iに属さないもの	1.0	2.0*5
III	Uボルトを有する配管系で、架構で水平配管の自重を受けるUボルトの数が4個以上のもの	2.0*5	3.0*5
IV	配管区分I、II及びIIIに属さないもの	0.5	1.5*5

注記\*1：支持具の種類及び数は、アンカからアンカまでの独立した振動系について算定する。

\*2：支持具の算定は、当該支持点を同一方向に複数の支持具で分配して支持する場合には支持具数は1個として扱い、同一支持点を複数の支持具で2方向に支持する場合は2個として取扱うものとする。

\*3：水平方向及び鉛直方向の減衰定数は同じ値を使用

\*4：保温材有の減衰定数は、無機多孔質保温材による付加減衰定数として1.0%を考慮したものである。金属保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材の使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

\*5：J E A G 4 6 0 1-1991 追補版で規定されている配管系の減衰定数に、既往の研究等において妥当性が確認された値を反映

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究 (H12~H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (H7~H10)」

## 4.2 耐震評価

B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により発生応力を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界内にあることを確認する。機器・配管系及び建物・構築物の評価手法は、定式化された評価式を用いた解析法又はスペクトルモーダル解析法により、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987」（以下「J E A G 4 6 0 1-1987」という。）に基づき実施することを基本とする。土木構造物の評価手法は、時刻歴応答解析法、F E M等を用いた応力解析により、J E A G 4 6 0 1-1987 に基づき実施することを基本とする。

### 4.2.1 耐震評価方法

VI-2-別添 2-2「溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-5「大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-4「燃料プール冷却系弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-6「循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 2-7「被水防護カバーの耐震性についての計算書」及びVI-2-別添 2-3「通水扉の耐震性についての計算書」の評価方法について示す。

#### (1) B, Cクラス機器

評価対象施設のうち機器・配管系については、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示す評価方法及びJ E A G 4 6 0 1-1987 に準拠した評価方法により評価を行う。なお、評価式が示されない機器については、J E A G 4 6 0 1-1987 に準拠した評価方法及び機械工学便覧に示される一般式を用いた評価を行う。

評価対象施設のうち土木構造物については、時刻歴応答解析法、F E M等を用いた応力解析により、各構造物に応じて適切な評価方法により評価を行う。

#### (2) 大型タンク遮断弁, 燃料プール冷却系弁, 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁

評価対象の大型タンク遮断弁, 燃料プール冷却系弁, 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁については、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

#### (3) 被水防護カバー

評価対象の被水防護カバーについては、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

#### (4) 通水扉

評価対象の通水扉については、日本建築学会の設計規準に準拠した評価方法により評価を行う。



#### 4.3 機能維持評価

B, Cクラス機器の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の方針は, VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

溢水防護に係る施設の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の動的機能の維持及び止水性の維持に係る耐震計算の方針は, VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.1 動的機能維持」を準用する。

##### 4.3.1 動的機能の維持

地震後に動的機能が要求される機器については, VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちVI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」にて設定している設備ごとの耐震設計上の性能目標を踏まえ, VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定した機能維持評価用加速度が, 機能確認済加速度以下であることにより確認する。なお, 弁については, 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は, 詳細評価を実施し, 機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

なお, 通水扉については, 基準地震動 $S_s$ による地震力に対して, 構造強度を確保することで, 排水機能が維持できる設計とする。

##### (1) 大型タンク遮断弁

大型タンク遮断弁は, 地震後においても, 基準地震動 $S_s$ による地震力に対して, 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

機能確認済加速度には, 同型式の弁の加振試験において, 動的機能の健全性を確認した弁の加速度を適用する。

##### (2) 燃料プール冷却系弁

燃料プール冷却系弁は, 地震後においても, 基準地震動 $S_s$ による地震力に対して, 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

機能確認済加速度には, 同型式の弁の加振試験において, 動的機能の健全性を確認した弁の加速度を適用する。

##### (3) 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁は, 地震後においても, 基準地震動 $S_s$ による地震力に対して, 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

機能確認済加速度には, 同型式の弁の加振試験において, 動的機能の健全性を確認した弁の加速度を適用する。

#### 4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設については, 基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性を有することを確認している。今回, 新たに水平2方向及び鉛直方向の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから, これら設備についても水平2方向及び鉛直方向の組合せによる影響を評価する。

影響評価については, VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.1 建物・構築物」, 「4.2 機器・配管系」又は「4.3 屋外重要土木構造物等」の評価方針及び評価方法に基づき行う。

5. 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ( (社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984  
( (社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。))  
( J S M E S N C 1-2005/2007 ) ( (社) 日本機械学会)
- (5) 機械工学便覧 ( (社) 日本機械学会)
- (6) 建築基準法・同施行令
- (7) 鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ( (社) 日本建築学会, 2005年改定)
- (8) 日本産業規格 ( J I S )
- (9) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—  
( (社) 日本建築学会, 1999年改定)
- (10) コンクリート標準示方書 [設計編] ( (社) 土木学会, 2007年制定)
- (11) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会, 2002年制定)
- (12) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル  
( (社) 土木学会, 2005年)
- (13) 構造力学公式集 ( (社) 土木学会, 1986年)
- (14) 道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編 ) ・同解説  
( (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- (15) 水道施設耐震工法指針・解説 ( (社) 日本水道協会, 1997年版)
- (16) 水道施設耐震工法指針・解説 ( (社) 日本水道協会, 2009年版)
- (17) 水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説  
( (社) 日本水道協会, 1998年版)
- (18) グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 ( (社) 地盤工学会, 2012年改訂)
- (19) 各種合成構造設計指針・同解説 ( (社) 日本建築学会, 2010年改定)

VI-2-別添2-2 溢水源としないB, Cクラス機器の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1.	概要	1
2.	機器・配管系の評価	1
2.1	一般事項	1
2.1.1	配置概要	1
2.1.2	構造計画	1
2.1.3	評価方針	1
2.1.4	適用規格・基準等	1
2.2	評価部位	2
2.3	地震応答解析及び構造強度評価	2
2.3.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	2
2.3.2	荷重及び荷重の組合せ	13
2.3.3	許容限界	14
2.3.4	計算方法	20
2.3.5	計算条件	21
2.4	評価結果	24
3.	土木構造物の評価	30
3.1	非常用ろ過水タンク	30
3.1.1	一般事項	30
3.1.2	評価部位	38
3.1.3	地震応答解析及び構造強度評価	39
3.1.4	評価結果	56
3.2	輪谷貯水槽（西側）	60
3.2.1	一般事項	60
3.2.2	評価部位	67
3.2.3	地震応答解析及び構造強度評価	68
3.2.4	評価結果	76
3.3	輪谷貯水槽（東側）	80
3.3.1	一般事項	80
3.3.2	評価部位	87
3.3.3	地震応答解析及び構造強度評価	88
3.3.4	評価結果	95

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、耐震性を有することから溢水源として設定しないB、Cクラス機器（以下「B、Cクラス機器」という。）が、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、十分な耐震性を有することを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

B、Cクラス機器は、設計基準対象施設においてはBクラス施設又はCクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

## 2. 機器・配管系の評価

### 2.1 一般事項

#### 2.1.1 配置概要

B、Cクラス機器は、原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物、取水槽、ガスタービン発電機建物及び屋外に設置する。各機器の具体的な設置建物及び設置高さは、表 2.3-1(1)及び(2)に示し、据付場所及び床面高さに応じた評価を行う。

#### 2.1.2 構造計画

B、Cクラス機器のうち、熱交換器等（以下「容器類」という。）、ポンプ（以下「ポンプ類」という。）、配管、弁及び支持構造物の構造は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」を適用できる構造である。

#### 2.1.3 評価方針

B、Cクラス機器の応力評価は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、B、Cクラス機器の評価対象部位に作用する応力が許容限界内にあることを、「2.3 地震応答解析及び構造強度評価」に示す方法により計算し、「2.4 評価結果」にて確認する。

B、Cクラス機器の容器類、ポンプ類、配管、弁及び支持構造物については、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示している構造と同様であることから、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態IV<sub>A</sub>Sにおける荷重の組合せを踏まえて、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」等の評価式及び解析方法を用いて評価する。

#### 2.1.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984（（社）日本電気協会）

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005/2007  
((社) 日本機械学会)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)
- ・日本産業規格 (J I S)

## 2.2 評価部位

B, Cクラス機器のうち, 容器類及びポンプ類については, VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」等により, 胴板, 脚, 支持構造物及びボルト等を評価部位とする。

配管, 弁及び支持構造物については, VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」により配管, 弁及び支持構造物を評価部位とする。

評価結果は, 発生応力と許容応力を踏まえ, 評価上厳しい箇所の結果について記載する。

## 2.3 地震応答解析及び構造強度評価

### 2.3.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

#### (1) 地震応答解析方法

基準地震動  $S_s$  による設計用地震力は, VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。等価繰返し回数は, VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

B, Cクラス機器の地震応答解析は, VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い実施する。なお, 3号復水貯蔵タンク, 3号補助復水貯蔵タンク及び1号復水貯蔵タンク(以下「屋外タンク」という。)の地震応答解析に用いた解析モデル図については, 3号復水貯蔵タンクを代表として図 2.3-1(1)~(3)に示す。

表 2.3-1(1)にB, Cクラス容器類及びポンプ類の設計震度を示す。

表 2.3-1(1) B, Cクラス容器類及びポンプ類の設計震度

評価対象設備	据付場所	床面高さ EL(m)	設計震度		固有周期(s)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平 方向	鉛直 方向
再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (電動機用)	原子炉建物	15.3	3.17	1.50	0.05 以下	0.05 以下
再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (発電機用)	原子炉建物	15.3	1.10	1.16	0.05 以下	0.05 以下
再循環ポンプ MG セット油冷却器	原子炉建物	15.3	1.10	1.16	0.05 以下	0.05 以下
再循環ポンプ MG セット室冷却機	原子炉建物	15.3	3.17	1.50	0.05 以下	0.05 以下
原子炉浄化循環ポンプ	原子炉建物	23.8	3.00	1.95	0.05 以下	0.05 以下
原子炉浄化ろ過脱塩装置ホールディングポンプ	原子炉建物	30.5	3.61	2.23	0.05 以下	0.05 以下
復水輸送ポンプ	原子炉建物	8.8	2.13	0.99	0.05 以下	0.05 以下
原子炉浄化補助ポンプ	原子炉建物	8.8	2.13	0.99	0.05 以下	0.05 以下
制御棒駆動水圧ポンプ油冷却器	原子炉建物	8.8	1.06	0.77	0.05 以下	0.05 以下
CRD ポンプ室冷却機	原子炉建物	8.8	1.71	0.77	0.05 以下	0.05 以下
RCIC ポンプ室冷却機	原子炉建物	8.8	1.71	0.77	0.05 以下	0.05 以下
3号復水貯蔵タンク	屋外	7.0	解析値	1.00	—*	0.05 以下
3号補助復水貯蔵タンク	屋外	7.0	解析値	1.00	—*	0.05 以下
1号復水貯蔵タンク	屋外	15.0	解析値	1.10	—*	0.05 以下

注記\* : 地震応答解析に基づく断面力を用いて応力評価を実施することから算出は不要



表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (1/7)

建物	設置区画*	系統
原子炉建物	R-4F-03N	消火系
	R-3F-14N	消火系
	R-3F-12-2N	消火系
	R-3F-11N R-3F-25N	原子炉浄化系
		原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		補給水系
		消火系
	R-3F-100N	補給水系
		消火系
	R-3F-06N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		補給水系
	R-3F-05N	消火系
	R-3F-04-1N R-3F-04-2N R-3F-07N R-3F-16-1N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		補給水系
		消火系
	R-3F-03N	消火系
	R-3F-02N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
消火系		
R-M2F-27N	復水輸送系	
R-M2F-20N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系	

表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (2/7)

建物	設置区画*	系統
原子炉建物	R-M2F-18-2N	原子炉浄化系
		原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		消火系
	R-M2F-18-1N R-M2F-21N R-M2F-22N	原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		消火系
	R-M2F-11N R-M2F-12N R-M2F-26N	原子炉浄化系
		補給水系
		消火系
	R-M2F-08N	原子炉浄化系
		原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
	R-M2F-06N R-M2F-07N	原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		補給水系
		消火系
	R-M2F-03N R-M2F-04N R-M2F-05N	原子炉浄化系
	R-M2F-02N	消火系
	R-2F-21N	消火系
	R-2F-15N	復水輸送系
	R-2F-14N	制御棒駆動水圧系
		原子炉浄化系
		復水輸送系
R-2F-11N R-2F-12N R-2F-18N R-2F-19N R-2F-24N R-2F-25N	原子炉浄化系	
	消火系	
	消火系	
	消火系	
	消火系	
	消火系	

表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (3/7)

建物	設置区画*	系統
原子炉建物	R-2F-10N	消火系
	R-2F-09N	原子炉浄化系
	R-2F-08N	原子炉補機冷却系(常用系), ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		消火系
	R-2F-06N	消火系
	R-2F-05N	消火系
	R-2F-04N	消火系
	R-1F-33N	原子炉補機冷却系(常用系), ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
	R-1F-30N	制御棒駆動水圧系
		原子炉補機冷却系(常用系), ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		補給水系
	R-1F-29N	原子炉補機冷却系(常用系), ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
	R-1F-24-2N	消火系
	R-1F-15N	原子炉補機冷却系(常用系), ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		補給水系
		消火系
	R-1F-14N	原子炉補機冷却系(常用系), ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		消火系
R-1F-13N	復水輸送系	
R-1F-10N	消火系	

表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (4/7)

建物	設置区画*	系統
原子炉建物	R-1F-08N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		補給水系
	R-1F-07-2N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		補給水系
	R-1F-07-1N	制御棒駆動水圧系
		原子炉浄化系
		原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		補給水系
	R-1F-03N	復水輸送系
	R-1F-22N	消火系
	R-1F-02N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウエル冷却系， 空調換気設備冷却水系
	R-1F-01-1N	補給水系
	R-B2F-31N	原子炉隔離時冷却系
		高圧炉心スプレイ系
		液体廃棄物処理系
	R-B2F-17N R-B2F-18N R-B2F-19N	消火系
	R-B2F-16N	消火系
	R-B2F-15N	消火系
R-B2F-14N	補給水系	
R-B2F-13N	補給水系	
R-B2F-12N	補給水系	
R-B2F-11N	消火系	

表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (5/7)

建物	設置区画*	系統
原子炉建物	R-B2F-10N	高圧炉心スプレイ系
		液体廃棄物処理系
		復水輸送系
		補給水系
		消火系
	R-B2F-09N	復水輸送系
		消火系
	R-B2F-08N	消火系
	R-B2F-07N	補給水系
	R-B2F-06N	補給水系
	R-B2F-04N	補給水系
	R-B2F-03N	補給水系
	R-B2F-02N	補給水系
		消火系
	R-B2F-01N	原子炉隔離時冷却系
		消火系
	R-B1F-29N	補給水系
	R-B1F-21N	制御棒駆動水圧系
		原子炉隔離時冷却系
		高圧炉心スプレイ系
		復水輸送系
	R-B1F-18-1N	消火系
	R-B1F-17-2N	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウェル冷却系， 空調換気設備冷却水系
		消火系
	R-B1F-17-1N	消火系
	R-B1F-16N	消火系
	R-B1F-15N	液体廃棄物処理系
		所内蒸気系
R-B1F-13N	消火系	
R-B1F-12N	補給水系	

表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (6/7)

建物	設置区画*	系統
原子炉建物	R-B1F-10N	原子炉浄化系
		原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		消火系
	R-B1F-09N	高圧炉心スプレイ系
		復水輸送系
		消火系
		液体廃棄物処理系
	R-B1F-07N	原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		復水輸送系
		消火系
	R-B1F-02N	補給水系
	R-B1F-01N R-B1F-08N	原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウエル冷却系, 空調換気設備冷却水系
復水輸送系		
消火系		
タービン建物	T-2F-03N	補給水系
	T-2F-28N	タービン補機冷却系
		消火系
	T-2F-31N	補給水系
	T-B1F-203N	復水給水系
タービンヒータドレン系		

表 2.3-1(2) B, Cクラス配管の設置場所 (7/7)

建物	設置区画*	系統
廃棄物処理建物	RW-2F-02N	原子炉補機冷却系（常用系）, ドライウェル冷却系, 空調換気設備冷却水系
		消火系
	RW-2F-01N	中央制御室空調換気系
		消火系
	RW-1F-27N	消火系
	RW-1F-19N	消火系
	RW-1F-09N	消火系
RW-1F-02N RW-1F-04N	消火系	
制御室建物	C-4F-02N	消火系
取水槽	Y-24AN	補給水系
	Y-24BN	補給水系
ガスタービン 発電機建物	G-RF-001	ガスタービン発電機建物消火系
	G-1F-006	ガスタービン発電機建物消火系
	G-1F-002	ガスタービン発電機建物消火系

注記\* : 設置区画の具体的な配置については, VI-1-1-9-2「防護すべき設備の設定」参照

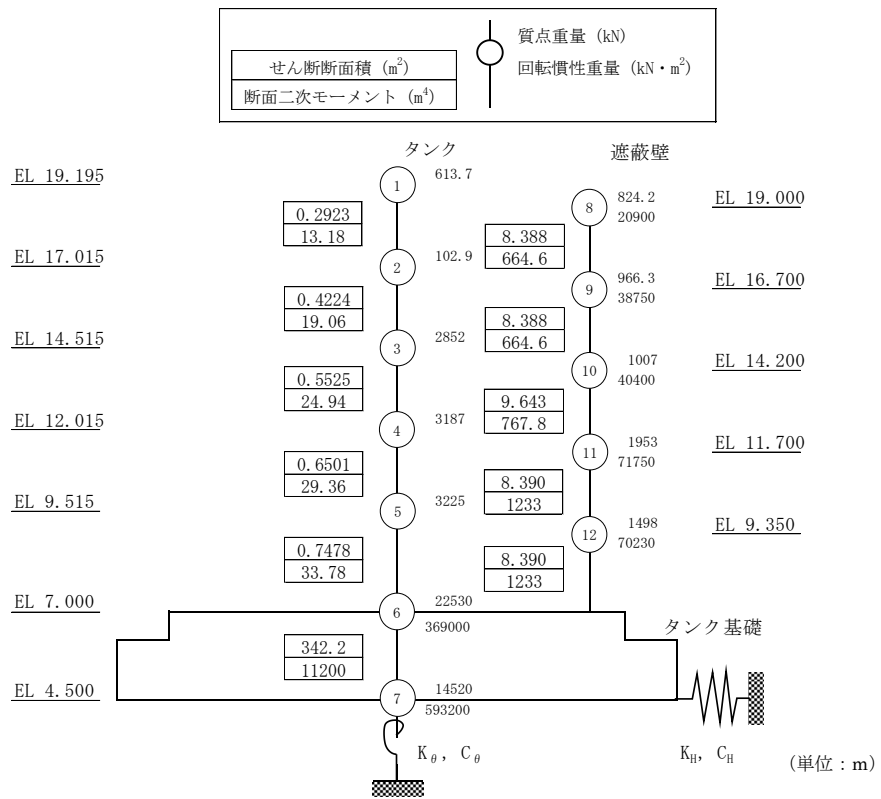


図 2.3-1(1) 3号復水貯蔵タンク地震応答解析モデル (水平方向 (NS方向))

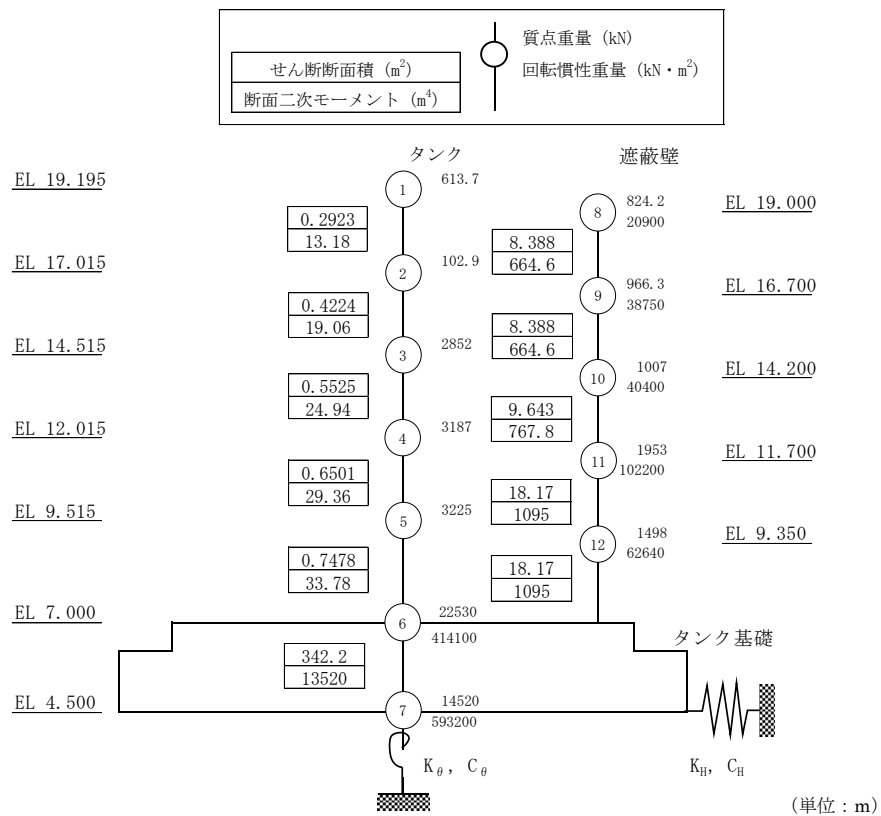


図 2.3-1(2) 3号復水貯蔵タンク地震応答解析モデル (水平方向 (EW方向))





### 2.3.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### (1) 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### a. 常時作用する荷重 (D)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重とする。

##### b. 内圧荷重 ( $P_D$ )

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

##### c. 機械的荷重 ( $M_D$ )

当該設備に設計上定められた機械的荷重。

##### d. 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  により定まる地震力とする。

##### e. 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮して評価する。

##### f. 風荷重 ( $P_K$ )

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を考慮して評価する。

#### (2) 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、各機器の評価部位ごとに設定する。荷重の組合せを表 2.3-2～表 2.3-4 に示す。なお、ポンプ類の評価部位はボルトのみのため、荷重の組合せは表 2.3-4 による。

表 2.3-2 容器類の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位
IV <sub>A</sub> S	$D + P_D + M_D + S_s + P_{S^*} + P_{K^*}$	胴板

注記\*：屋外タンクについて考慮する。ただし、3号復水貯蔵タンク及び3号補助復水貯蔵タンクは遮蔽壁が設置されていることから、風荷重は考慮不要とする。

表 2.3-3 配管の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位
IV <sub>A</sub> S	$D + P_D + M_D + S_s$	配管
		弁

表 2.3-4 支持構造物の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位
IV <sub>A</sub> S	$D + P_D + M_D + S_s + P_{S^*} + P_{K^*}$	脚
		支持構造物
		ボルト等

注記\*：屋外タンクについて考慮する。ただし、3号復水貯蔵タンク及び3号補助復水貯蔵タンクは遮蔽壁が設置されていることから、風荷重は考慮不要とする。

### 2.3.3 許容限界

B, Cクラス機器の評価の許容限界は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「2.2 評価部位」にて設定している評価部位ごとに、許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容応力を用いる。

各機器の評価部位ごとの許容限界を表 2.3-5～表 2.3-7 に、使用材料及び使用材料の許容応力評価条件を表 2.3-8 に示す。

表2.3-5 容器類の許容限界

区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2			
				一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
容器類	B, C	$D + P_D + M_D + S_s$ $+ P_s^{*4} + P_k^{*4}$	IVAS	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値	*3 基準地震動 $S_s$ のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし、地震動のみによる一次応力+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。	

注記\*1：座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

\*3： $2 \cdot S_y$  を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。  $S_m$  は  $2/3 \cdot S_y$  と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

\*4：屋外タンクについて考慮する。ただし、3号復水貯蔵タンク及び3号補助復水貯蔵タンクは遮蔽壁が設置されていることから、風荷重は考慮不要とする。

表 2.3-6 配管の許容限界

区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界			
				一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
配管	B, C	$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u^{*1}$	左欄の 1.5 倍の値	*2 基準地震動 $S_s$ のみによる疲労解析 を行い、疲労累積係数が 1.0 以下で あること。ただし、地震動のみによ る一次応力+二次応力の変動値が $2 \cdot$ $S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。	

注記\*1：軸力による全断面平均応力については、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

\*2： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格PPB-3536(1), (2), (4)及び(5)（ただし、 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 2.3-7 支持構造物の許容限界

区分	耐震 重要度 分類	荷重の 組合せ	許容 応力 状態	許容限界*1, *2, *3, *9 (ボルト等以外)							許容限界*2, *4, *9 (ボルト等)		形式試験 による場合	
				一次応力					一次+二次応力		一次応力			
				引張	せん 断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧		座屈*5
					$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ *6	$3 \cdot f_b$ *7							
支持 構造 物	B, C	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub> + P <sub>S</sub> *10 + P <sub>K</sub> *10	IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	基準地震動 S <sub>s</sub> のみによる 応力振幅について評価 する。	$1.5 \cdot f_p^*$ *8	$1.5 \cdot f_b$ , $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$ *7, *8	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	T <sub>L</sub> ・0.6

注記\*1：鋼構造設計規準（（社）日本建築学会，2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

\*2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*3：耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては，耐圧部と同じ許容応力とする。

\*4：コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって，トルク管理，材料の照合等を行わないものについては，材料の品質，据付状態等のばらつき等を考慮して，III<sub>A</sub>S の許容応力を一次引張応力に対しては  $f_t$ ，一次せん断応力に対しては  $f_s$  とし，また，IV<sub>A</sub>S → III<sub>A</sub>S として応力評価を行う。

\*5：薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあっては，クラス MC 容器の座屈に対する評価式による。

\*6：すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して  $1.5 \cdot f_s$  とする。

\*7：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた  $f_b$  とする。

\*8：自重，熱膨張等により常時作用する荷重に，地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

\*9：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

\*10：屋外タンクについて考慮する。ただし，3号復水貯蔵タンク及び3号補助復水貯蔵タンクは遮蔽壁が設置されていることから，風荷重は考慮不要とする。

表 2.3-8 使用材料及び使用材料の許容応力評価条件 (1/2)

評価対象設備	評価部位	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (電動機用)	サポート	S20C	50	241	391
再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (発電機用)	取付ボルト	SS400	50	211	394
再循環ポンプ MG セット油冷却器	胴板	SM400B	66	234	385
	脚	SS400	50	241	394
	基礎ボルト	S30CN (S30C 相当)	50	328	526
再循環ポンプ MG セット室冷却機	基礎ボルト	SS41 (SS400 相当)	50	211	394
	ファン取付ボルト	SWRCH10R (SS400 相当)			
	原動機取付ボルト	SWCH8R (SS400 相当)			
原子炉浄化循環ポンプ	基礎ボルト	SS400	55	209	391
	ポンプ取付ボルト	SCM435	66	730	868
	原動機取付ボルト	SS400	55	209	391
原子炉浄化ろ過脱塩装置ホールディングポンプ	基礎ボルト	SS400	50	231	394
	ポンプ取付ボルト				
復水輸送ポンプ	基礎ボルト	SS400	55	229	391
	ポンプ取付ボルト	SCM435	66	730	868
	原動機取付ボルト	SS400	55	229	391
原子炉浄化補助ポンプ	基礎ボルト	SS400	50	211	394
	ポンプ取付ボルト	SCM435	302	591	847
	原動機取付ボルト	SS400	50	211	394
制御棒駆動水圧ポンプ油冷却器	胴板	STPT42 (STPT410 相当)	85	224	406
	脚	SS41 (SS400 相当)	55	239	391
	取付ボルト	SS41 (SS400 相当)	85	199	377

表 2.3-8 使用材料及び使用材料の許容応力評価条件 (2/2)

評価対象設備	評価部位	材料	温度 条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
CRD ポンプ室冷却機	基礎ボルト	SS41 (SS400 相当)	55	209	391
	ファン取付ボルト	SWCH10R (SS400 相当)			
	原動機取付ボルト	SWCH8R (SS400 相当)			
RCIC ポンプ室冷却機	基礎ボルト	SS41 (SS400 相当)	55	209	391
	ファン取付ボルト	SS41 (SS400 相当)			
	原動機取付ボルト	SWCH8R (SS400 相当)			
3号復水貯蔵タンク	胴板	SUS304	66	188	479
	基礎ボルト	SCM435	50	764	906
3号補助復水貯蔵タンク	胴板	SUS304	66	188	479
	基礎ボルト	SCM435	50	764	906
1号復水貯蔵タンク	胴板	SS41 (SS400 相当)	40	245	400
	基礎ボルト	S15CN (S15C 相当)	50	231	362



#### 2.3.4 計算方法

- (1) 溢水防護として要求する機能を踏まえ、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.2 許容限界」より、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性が確保され溢水に至らないことを確認するために、許容応力状態IV<sub>A</sub>Sで、許容限界を満足することを確認する。また、支持装置については、VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき、使用される支持装置の許容荷重以下となることを確認する。
- (2) 減衰定数については、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す値を適用する。
- (3) 評価に用いる解析コード及びその適用機器並びに使用目的を以下に記す。

屋外タンクの地震応答解析に用いる「SHAKE」、「d m a i n 2」及び「DYN A 2 E」の検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。配管、弁及び支持構造物の固有値解析等に用いる「H I S A P」及び「A u t o P I P E」の検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 2.3.5 計算条件

3次元はりモデル解析により応力計算を行った配管について、解析モデル図を図 2.3-2 に示し、配管諸元の一覧表を表 2.3-9 に示す。  
なお、図 2.3-2 及び表 2.3-9 は、表 2.4-2 で評価結果を示す原子炉補機冷却系を代表で示す。

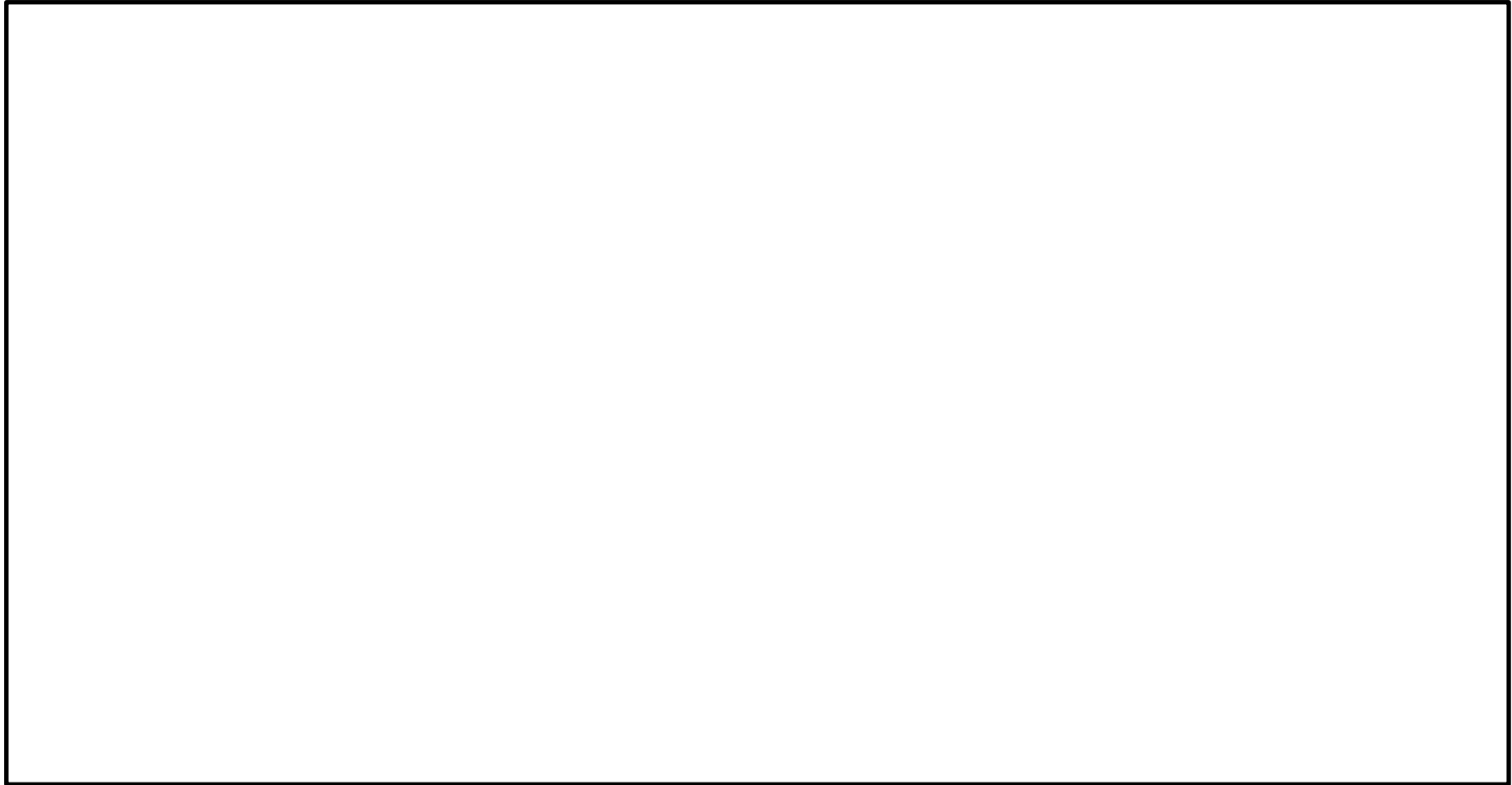


図 2.3-2 解析モデル図 (1/2)

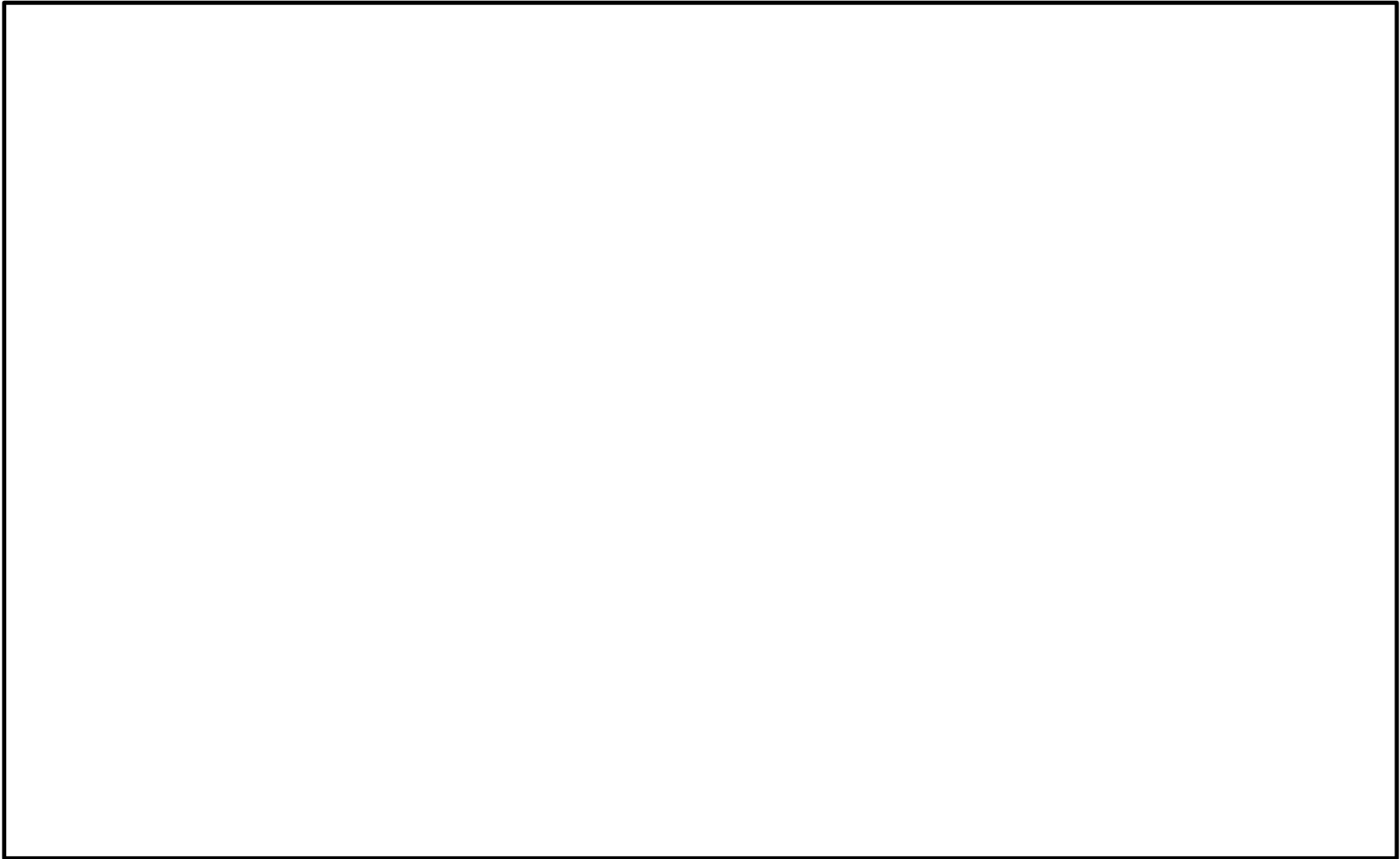


図 2.3-2 解析モデル図 (2/2)

表 2.3-9 配管諸元

鳥瞰図 RCW-W-6

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A~22, 23~28	1.37	85	318.5	10.3	STPG38	C	201267

## 2.4 評価結果

表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示すとおり B, C クラス機器が基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有することを確認した。

なお、表 2.4-1 及び表 2.4-2 においては、算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい箇所の結果について記載する。

表 2.4-1 基準地震動  $S_s$  に対する容器類・ポンプ類の応力評価結果 (1/2)

区分	評価対象設備	耐震重要度分類	設置建物	設置高さ	評価対象部位	応力の種類	算出応力	許容応力
				EL (m)			(MPa)	(MPa)
容器類・ポンプ類	再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (電動機用)	C	原子炉建物	15.3	サポート	組合せ (圧縮, 曲げ)	0.16 <sup>*1</sup>	1 <sup>*1</sup>
	再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (発電機用)	C	原子炉建物	15.3	取付ボルト	引張	13	189 <sup>*2</sup>
	再循環ポンプ MG セット油冷却器	C	原子炉建物	15.3	胴板	一次+二次	331	469
	再循環ポンプ MG セット室冷却機	C	原子炉建物	15.3	基礎ボルト	引張	140	159 <sup>*2</sup>
	原子炉浄化循環ポンプ	B	原子炉建物	23.8	基礎ボルト	引張	59	188 <sup>*2</sup>
	原子炉浄化ろ過脱塩装置ホールディングポンプ	B	原子炉建物	30.5	ポンプ取付ボルト	引張	27	207 <sup>*2</sup>
	復水輸送ポンプ	B	原子炉建物	8.8	ポンプ取付ボルト	引張	61	455 <sup>*2</sup>
	原子炉浄化補助ポンプ	B	原子炉建物	8.8	基礎ボルト	せん断	32	146

注記\*1: 評価式にて 1 以下を満たしていることを確認しており、単位は「- (無次元)」とする。

\*2:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

表 2.4-1 基準地震動  $S_s$  に対する容器類・ポンプ類の応力評価結果 (2/2)

区分	評価対象設備	耐震重要度分類	設置建物	設置高さ	評価対象部位	応力の種類	算出応力	許容応力
				EL (m)			(MPa)	(MPa)
容器類・ポンプ類	制御棒駆動水圧ポンプ油冷却器	B	原子炉建物	8.8	胴板	一次一般膜	16	243
	CRD ポンプ室冷却機	C	原子炉建物	8.8	基礎ボルト	せん断	25	145
	RCIC ポンプ室冷却機	C	原子炉建物	8.8	基礎ボルト	引張	67	188 <sup>*2</sup>
	3号復水貯蔵タンク	B	屋外	7.0	基礎ボルト	せん断	226	366
	3号補助復水貯蔵タンク	B	屋外	7.0	基礎ボルト	せん断	226	366
	1号復水貯蔵タンク	B	屋外	15.0	胴板	座屈	0.66 <sup>*1</sup>	1 <sup>*1</sup>

注記\*1：評価式にて1以下を満たしていることを確認しており、単位は「-（無次元）」とする。

$$*2: f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$$

表 2.4-2 基準地震動 S<sub>s</sub> に対する配管、弁及び支持構造物の応力評価結果 (1/4)

区分	評価対象系統	設置 建物	設置 高さ	耐震 重要度分類	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力	許容応力
			EL (m)				(MPa)	(MPa)
配管・弁及び支持構造物	制御棒駆動水圧系	原子炉建物		B	配管本体	一次＋二次	307	316
					支持構造物	一次＋二次	158	252
	原子炉浄化系	原子炉建物		B	配管本体	一次＋二次	490 (0.6608)* <sup>1</sup>	462 (1.0)
					支持構造物	一次＋二次	141	146
	原子炉補機冷却系 (常用系)	原子炉建物		C	配管本体	一次＋二次	503 (0.0573)* <sup>2</sup>	354 (1.0)
					支持構造物	一次	63	67
	高圧炉心スプレイ系	原子炉建物		B	配管本体	一次＋二次	281	376
					支持構造物	一次＋二次	130	142
	原子炉隔離時冷却系	原子炉建物		B	配管本体	一次＋二次	219	376
					支持構造物	一次＋二次	133	155
	液体廃棄物処理系	原子炉建物		B	配管本体	一次＋二次	393	462
					支持構造物	一次＋二次	234	269

注記\*1：本疲労評価は、一律に設定した等価繰返し回数 150 回を適用し評価を実施した。

\*2：本疲労評価は、個別に設定した等価繰返し回数 150 回を適用し評価を実施した。

表 2.4-2 基準地震動  $S_s$  に対する配管、弁及び支持構造物の応力評価結果 (2/4)

区分	評価対象系統	設置 建物	設置 高さ	耐震 重要度分類	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力	許容応力
			EL (m)				(MPa)	(MPa)
配管・弁及び支持構造物	ドライウエル冷却系	原子炉建物		C	配管本体	一次+二次	327	354
					支持構造物	一次	96	122
	空調換気設備冷却水系	原子炉建物		C	配管本体	一次+二次	481 (0.8475)* <sup>1</sup>	448 (1.0)
					支持構造物	一次+二次	118	122
	復水輸送系	原子炉建物		B	配管本体	一次+二次	381 (0.3178)* <sup>1</sup>	378 (1.0)
					支持構造物	一次	119	130
	消火系	原子炉建物		C	配管本体	一次+二次	384 (0.1566)* <sup>2</sup>	378 (1.0)
					支持構造物	一次	250	269
	補給水系	原子炉建物		C	配管本体	一次+二次	451 (0.2609)* <sup>1</sup>	410 (1.0)
					支持構造物	一次+二次	270	280
	所内蒸気系	原子炉建物		C	配管本体	一次+二次	350	420
					支持構造物	一次+二次	110	132

注記\*1：本疲労評価は、個別に設定した等価繰返し回数 150 回を適用し評価を実施した。

\*2：本疲労評価は、個別に設定した等価繰返し回数 160 回を適用し評価を実施した。



表 2.4-2 基準地震動  $S_s$  に対する配管、弁及び支持構造物の応力評価結果 (3/4)

区分	評価対象系統	設置 建物	設置 高さ	耐震 重要度分類	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力	許容応力
			EL (m)				(MPa)	(MPa)
配管・ 弁及び 支持 構造物	復水給水系	タービン 建物		B	配管本体	一次+二次	128	458
					支持構造物	荷重*	212*	240*
	タービンヒータ ドレン系	タービン 建物		B	配管本体	一次+二次	251	410
					支持構造物	一次+二次	120	131
	タービン補機 冷却系	タービン 建物		C	配管本体	一次+二次	338	370
					支持構造物	一次+二次	255	268
	補給水系	タービン 建物		C	配管本体	一次+二次	312	410
					支持構造物	一次+二次	99	161
	消火系	タービン 建物		C	配管本体	一次+二次	330	378
					支持構造物	一次+二次	256	269

注記\*：支持装置の評価は定格荷重 $\geq$ 発生荷重を満たしていることを確認しているため、応力の種類は荷重とし、単位はkNとする。

表 2.4-2 基準地震動 S<sub>s</sub> に対する配管、弁及び支持構造物の応力評価結果 (4/4)

区分	評価対象系統	設置 建物	設置 高さ	耐震 重要度分類	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力	許容応力
			EL (m)				(MPa)	(MPa)
配管・弁及び支持構造物	原子炉補機冷却系（常用系）， ドライウェル冷却系， 空調換気設備冷却水系	廃棄物処理 建物		C	配管本体	一次＋二次	403 (0.8427) <sup>*1</sup>	354 (1.0)
					支持構造物	荷重 <sup>*2</sup>	92 <sup>*2</sup>	108 <sup>*2</sup>
	中央制御室空調換気系	廃棄物処理 建物		C	配管本体	一次＋二次	136	342
					支持構造物	一次＋二次	77	205
	消火系	廃棄物処理 建物		C	配管本体	一次＋二次	249	378
					支持構造物	一次	238	269
	消火系	制御室建物		C	配管本体	一次＋二次	70	378
					支持構造物	一次	267	269
	補給水系	取水槽		C	配管本体	一次＋二次	642 (0.0445) <sup>*1</sup>	410 (1.0)
					支持構造物	一次＋二次	200	205
	ガスタービン発電機 建物消火系	ガスタービン発 電機建物		C	配管本体	一次＋二次	285	378
					支持構造物	一次	267	269

注記\*1：本疲労評価は、個別に設定した等価繰返し回数 150 回を適用し評価を実施した。

\*2：支持装置の評価は定格荷重≧発生荷重を満たしていることを確認しているため、応力の種類は荷重とし、単位は kN とする。

### 3. 土木構造物の評価

#### 3.1 非常用ろ過水タンク

##### 3.1.1 一般事項

本章では非常用ろ過水タンクの構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施する。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価にあたっては、地震応答解析により得られた応答値を用いた線形シェル要素による3次元静的FEM解析に基づく発生応力又は接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

##### (1) 配置概要

非常用ろ過水タンクの位置図を図3.1-1に示す。

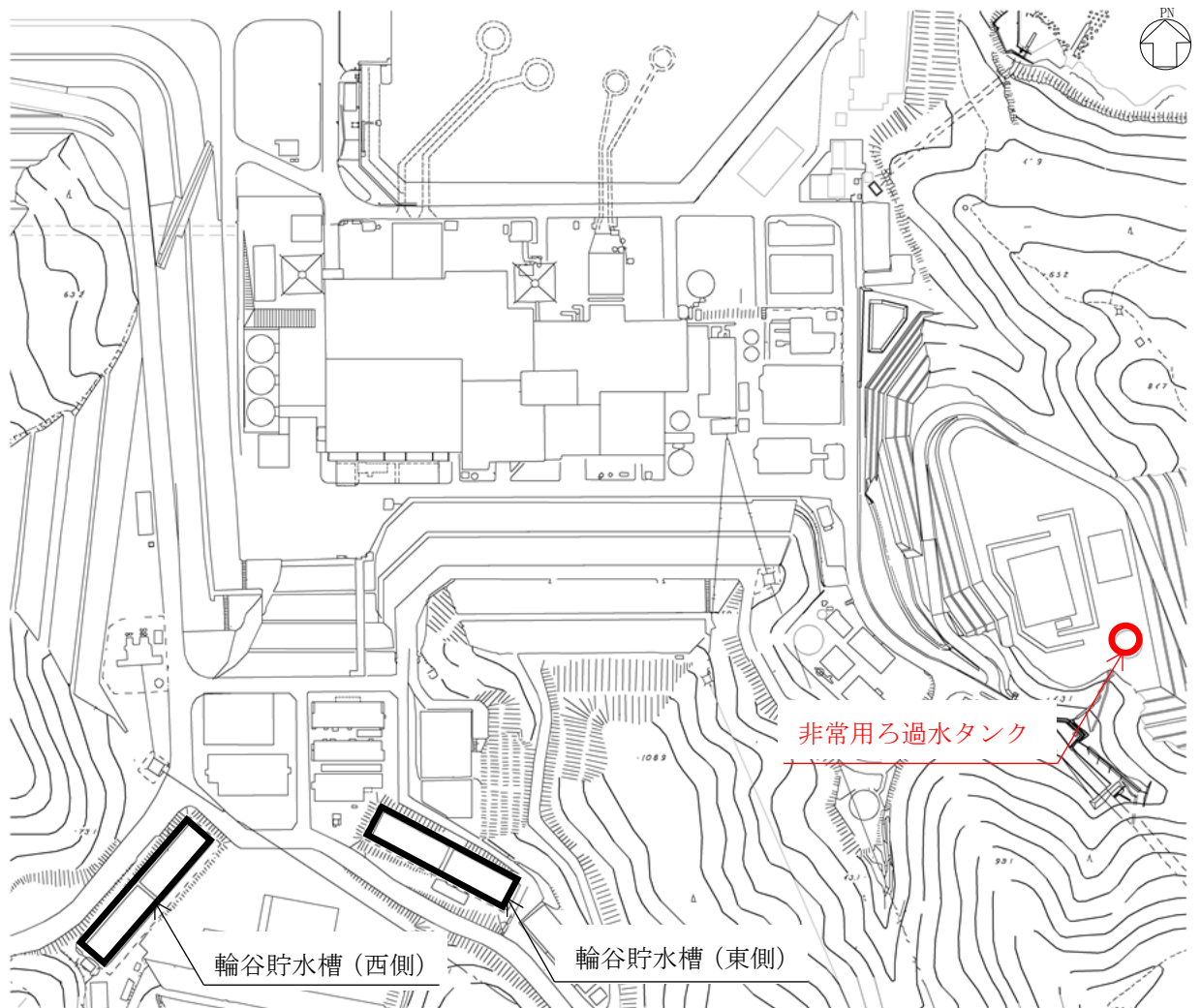


図 3.1-1 非常用ろ過水タンク 位置図

(2) 構造計画

非常用ろ過水タンクの平面図を図 3.1-2 に、断面図を図 3.1-3 に、概略配筋図を図 3.1-4 に、PC 鋼材配置図を図 3.1-5 に示す。

非常用ろ過水タンクは、直径 20.4m、高さ 10.4m の鉄筋コンクリート及びプレストレストコンクリート造の円筒状の構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置されている。

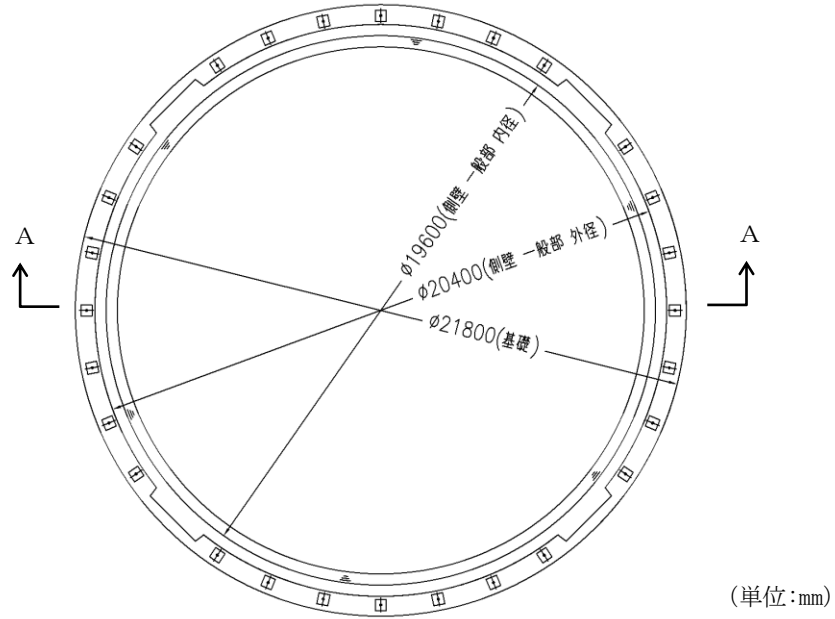


図 3.1-2 非常用ろ過水タンク 平面図

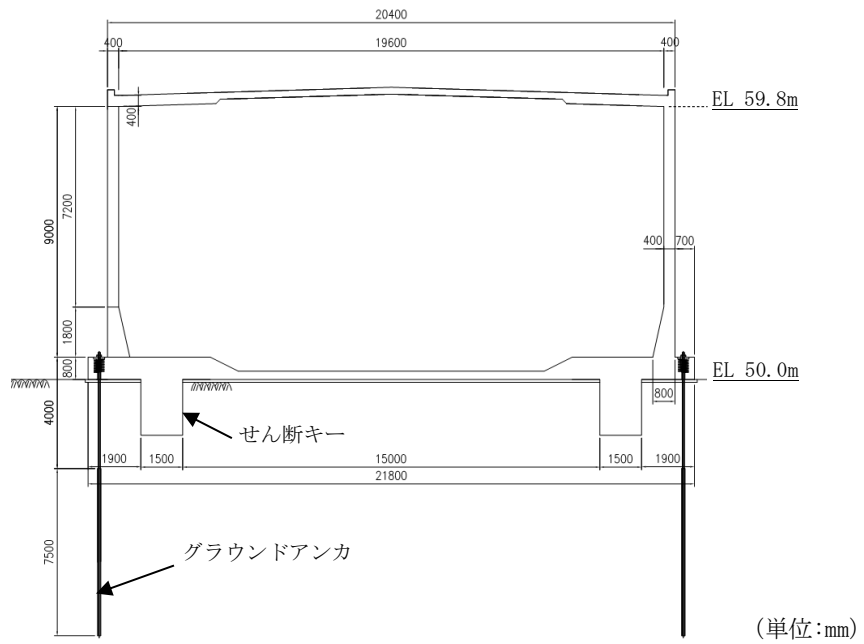
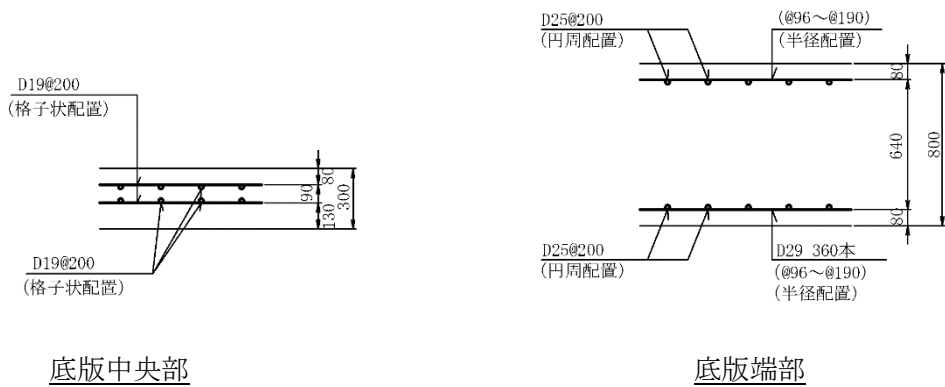
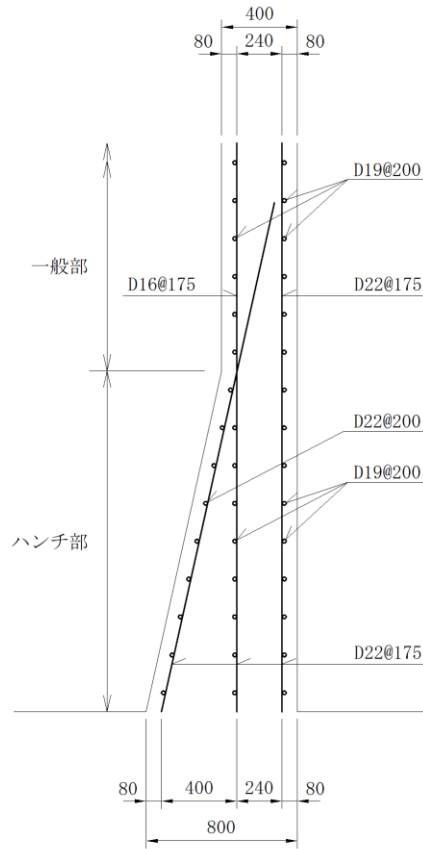
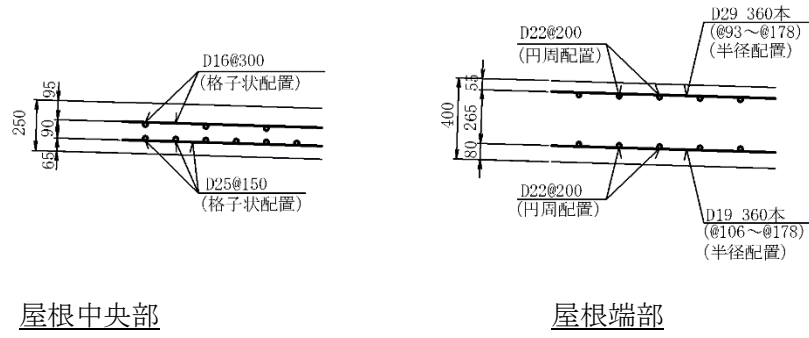


図 3.1-3 非常用ろ過水タンク 断面図



(単位:mm)

図 3.1-4 非常用ろ過水タンク 概略配筋図

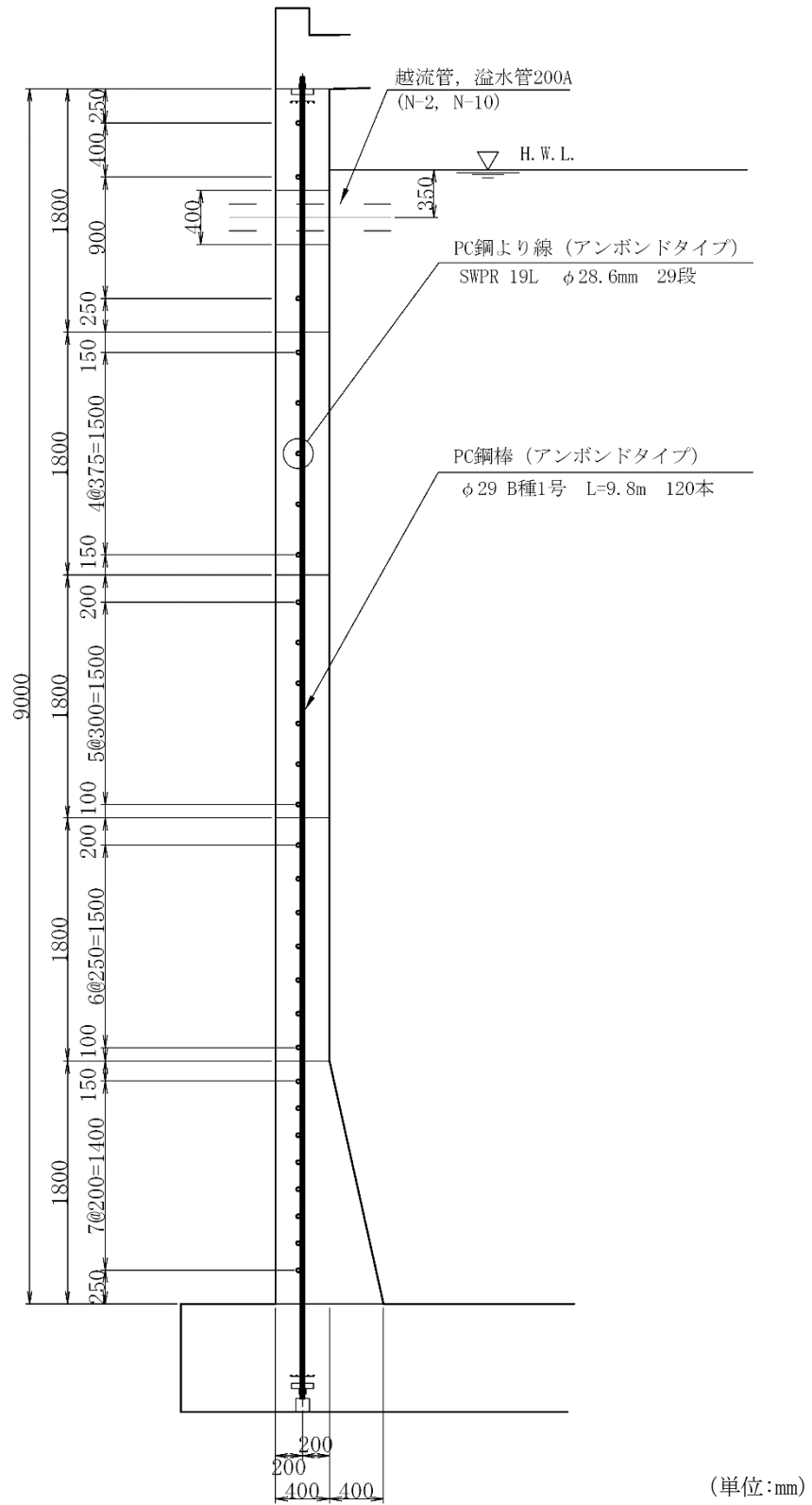


図 3.1-5 非常用ろ過水タンク PC 鋼材配置図

(3) 評価方針

非常用ろ過水タンクの評価フローを図 3.1-6 に示す。

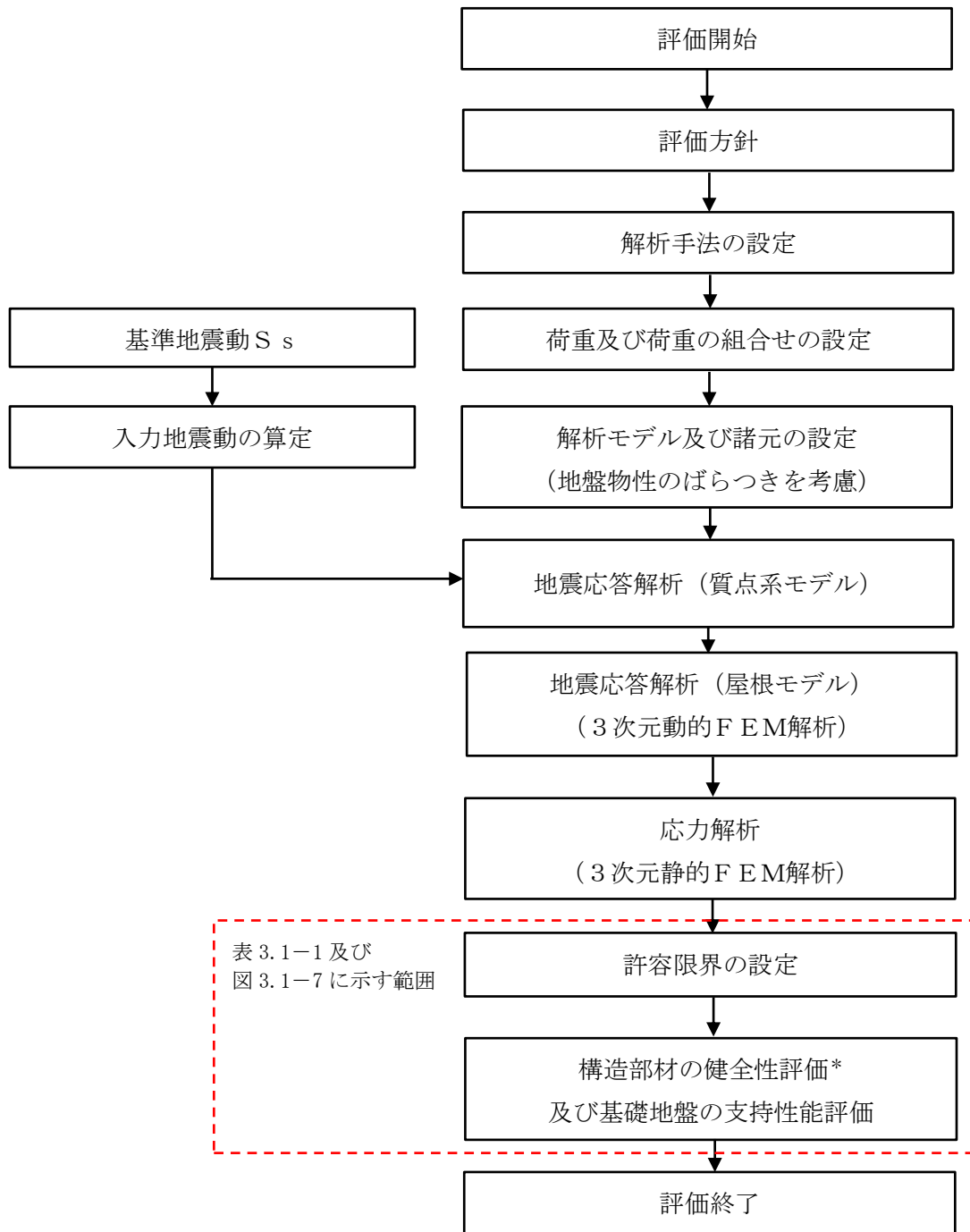
非常用ろ過水タンクの耐震評価は、地震応答解析及び3次元構造解析により得られた発生応力に基づき、表 3.1-1(1)の非常用ろ過水タンクの評価項目（構造部材）に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。また、地震応答解析及び3次元構造解析により得られた接地圧に基づき、表 3.1-1(2)の非常用ろ過水タンクの評価項目（基礎地盤）に示すとおり、基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、「3.1.3 地震応答解析及び構造強度評価」より得られた応答値を用いた3次元構造解析に基づく発生応力を算定し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、各部材ごとに定める照査項目に対する評価を行い、応答値が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、「3.1.3 地震応答解析及び構造強度評価」より得られた応答値を用いた3次元構造解析に基づく接地圧を算定し、基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

また、非常用ろ過水タンクの屋根、側壁及び底版は、構造物全体としての安定性確保の評価をした上で、溢水影響の確認を行う。非常用ろ過水タンクの評価対象部位を図 3.1-7 に示す。構造物全体の安定性確保の評価範囲は、屋根、側壁及び底版の全ての範囲を対象とする。溢水影響の確認は、その部材のひび割れからの漏水が溢水量検討に影響を及ぼし得る範囲を対象とする。



注記\*：構造物全体としての安定性確保を評価した上で、溢水影響の確認を実施する。

図 3.1-6 非常用ろ過水タンク 耐震評価フロー



表 3.1-1(1) 非常用ろ過水タンクの評価項目（構造部材）

評価方針	評価項目	評価方法	部位	照査項目	許容限界	
					構造全体としての安定性確保	溢水影響の確認
構造強度を有すること	構造部材の健全性	発生する応力が許容限界以下であることを確認	屋根底版	曲げ・軸力系の破壊	終局曲げモーメント	短期許容応力度
				せん断破壊	短期許容応力度	—
			側壁	曲げ・軸力系の破壊	終局曲げモーメント	降伏曲げモーメント
				せん断破壊	短期許容応力度	—
			グラウンドアンカ	引張力	許容アンカー力	
				支圧応力度	許容支圧応力度	

表 3.1-1(2) 非常用ろ過水タンクの評価項目（基礎地盤）

評価方針	評価項目	評価方法	部位	許容限界	
構造強度を有すること	基礎地盤の支持性能	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	基礎地盤	接地圧	極限支持力度*

注記\*：妥当な安全余裕を考慮する。

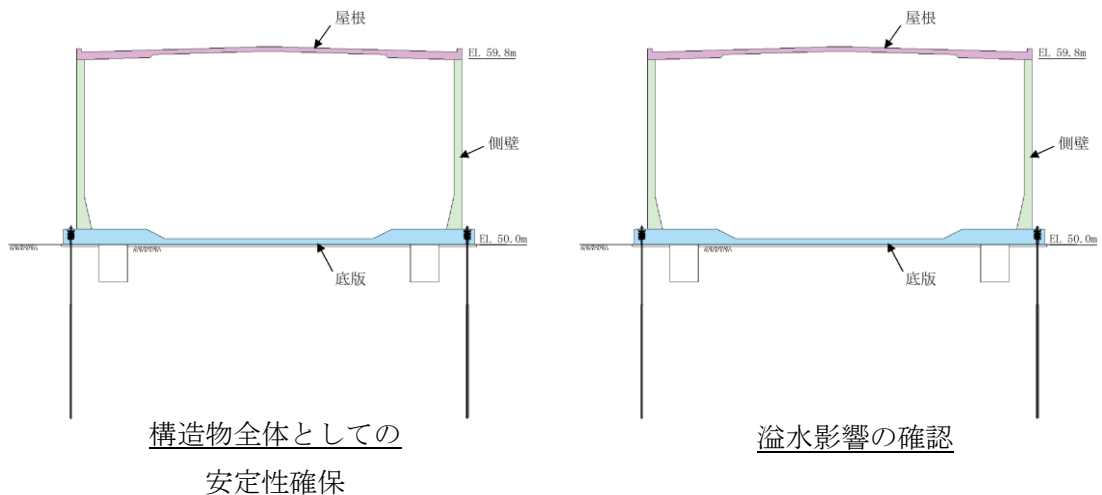


図 3.1-7 評価対象部位

(4) 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説（（社）日本水道協会，1998年）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，1997年）
- ・グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（（社）地盤工学会，2012年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）

### 3.1.2 評価部位

非常用ろ過水タンクの評価対象部材は、屋根、側壁、底版及びグラウンドアンカとする。  
評価対象部材を図 3.1-8 に示す。

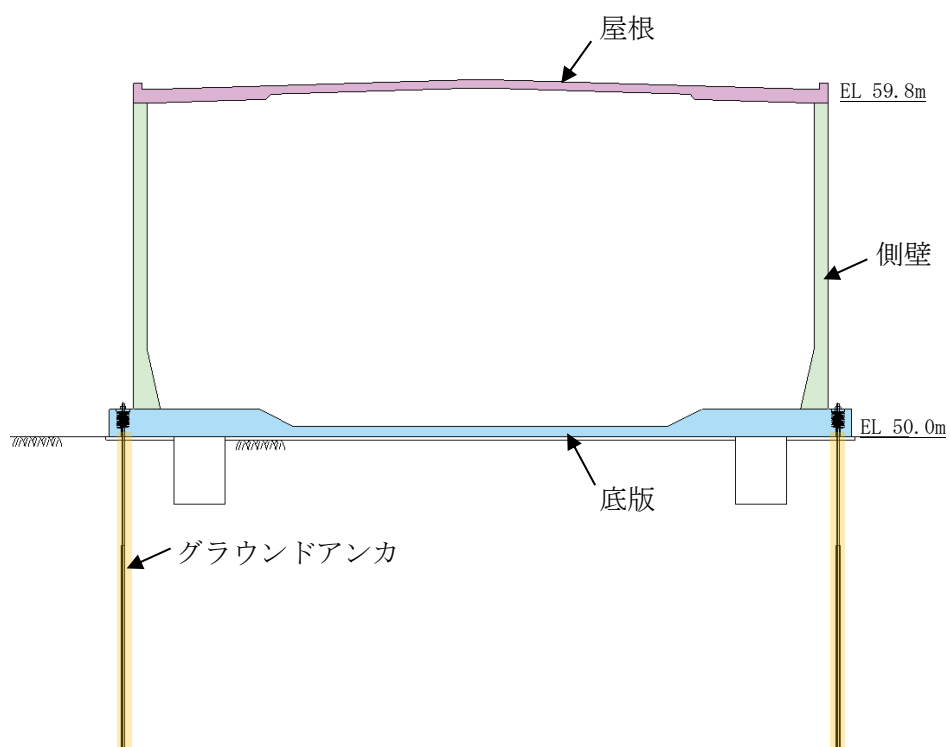


図 3.1-8 評価対象部材

### 3.1.3 地震応答解析及び構造強度評価

#### (1) 地震応答解析及び構造強度評価方法

##### a. 地震応答解析方法（質点系モデル）

##### (a) 解析方法

非常用ろ過水タンクの地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる構造物－地盤連成モデルを用いて、基準地震動 $S_s$ に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動に対してそれぞれ逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## (b) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

## イ. 荷重

非常用ろ過水タンクの地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

## (イ) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。

## (ロ) 積載荷重 (P)

積載荷重として、積雪荷重  $P_s$  及び「水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説（（社）日本水道協会，1998年）」における上載荷重  $0.5\text{kN/m}^2$  を考慮する。

(ハ) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(ニ) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

(ホ) 貯留水荷重 ( $W_L$ )

貯留水荷重については、水の単位体積重量を  $9.81\text{kN/m}^3$  として考慮する。

## ロ. 荷重の組合せ

荷重の組合せを表3.1-2に示す。

表 3.1-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 ( $S_s$ )	$G + P + S_s + W_L$

G：固定荷重

P：積載荷重（積雪荷重  $P_s$  を含む）

$S_s$ ：地震荷重（基準地震動  $S_s$ ）

$W_L$ ：貯留水荷重

(c) 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3.1-9 に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

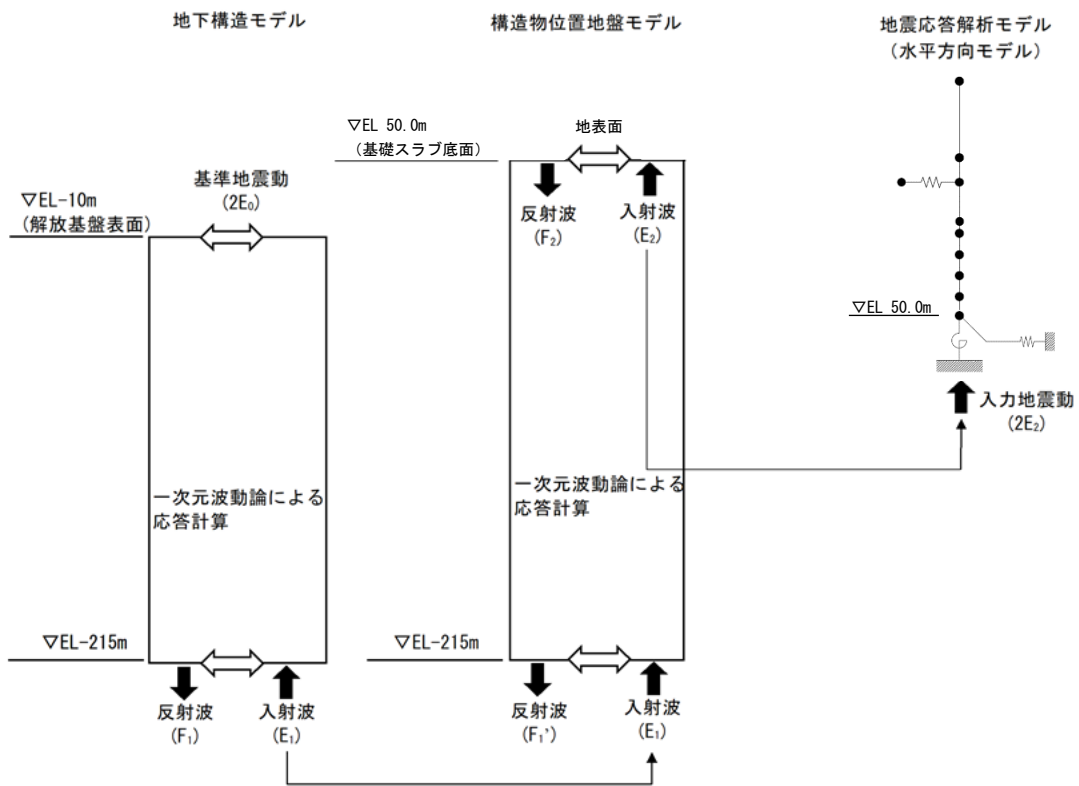
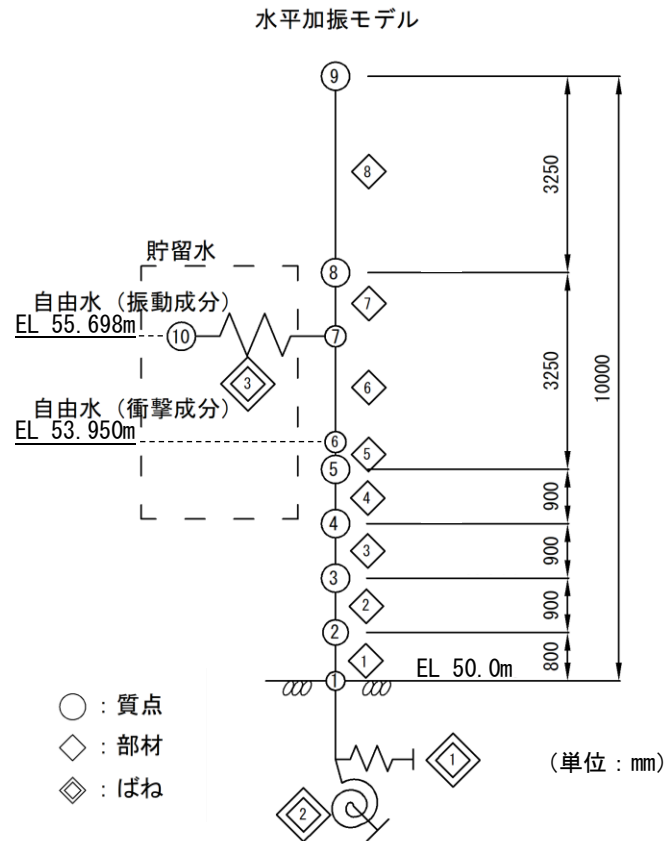


図 3.1-9 入力地震動算定の概念図

(d) 解析モデル及び諸元

非常用ろ過水タンクの地震応答解析モデルを図 3.1-10 及び図 3.1-11 に示す。

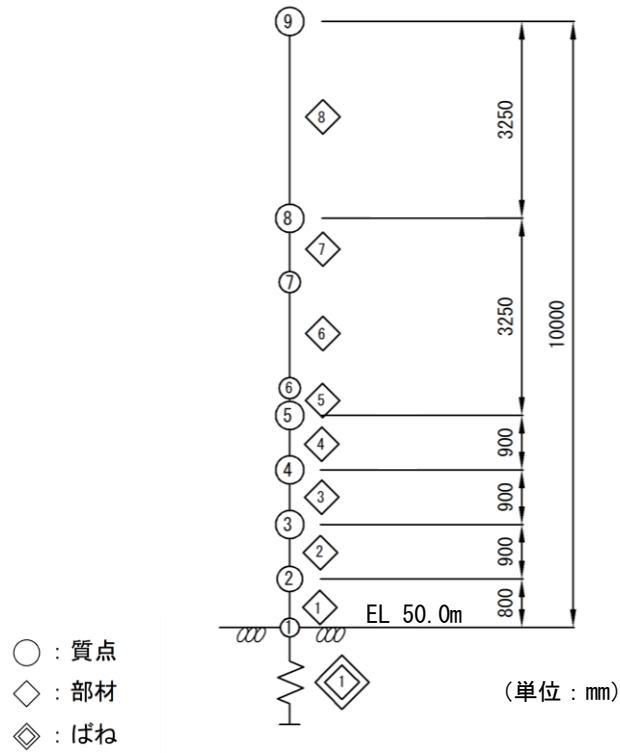


質点 No.	レベル (EL m)	付加重量 (kN)	回転慣性重量 (kN・m <sup>2</sup> )
⑨	60.0	$4.238 \times 10^3$	$1.340 \times 10^5$
⑧	56.75	$2.239 \times 10^3$	$1.018 \times 10^5$
⑦・⑩	55.698*	$8.356 \times 10^3$ *	-
⑥	53.95*	$1.172 \times 10^4$ *	-
⑤	53.5	$1.433 \times 10^3$	$6.490 \times 10^4$
④	52.6	$6.543 \times 10^2$	$2.937 \times 10^4$
③	51.7	$8.893 \times 10^2$	$4.050 \times 10^4$
②	50.8	$3.516 \times 10^3$	$1.289 \times 10^6$
①	50.0	$3.513 \times 10^3$	$1.069 \times 10^5$

注記\* : スロッシングによる影響を考慮した貯留水の等価質量及び荷重作用高さ

図 3.1-10 非常用ろ過水タンクの地震応答解析モデル (水平モデル)

鉛直加振モデル



質点 No.	レベル (EL m)	付加重量 (kN)
⑨	60.0	$4.238 \times 10^3$
⑧	56.75	$2.239 \times 10^3$
⑦	55.698	-
⑥	53.95	-
⑤	53.5	$1.433 \times 10^3$
④	52.6	$6.543 \times 10^2$
③	51.7	$8.893 \times 10^2$
②	50.8	$2.805 \times 10^4$
①	50.0	$3.513 \times 10^3$

図 3.1-11 非常用ろ過水タンクの地震応答解析モデル (鉛直モデル)



イ. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3.1-3 に、材料の物性値を表 3.1-4 に示す。

表 3.1-3 使用材料

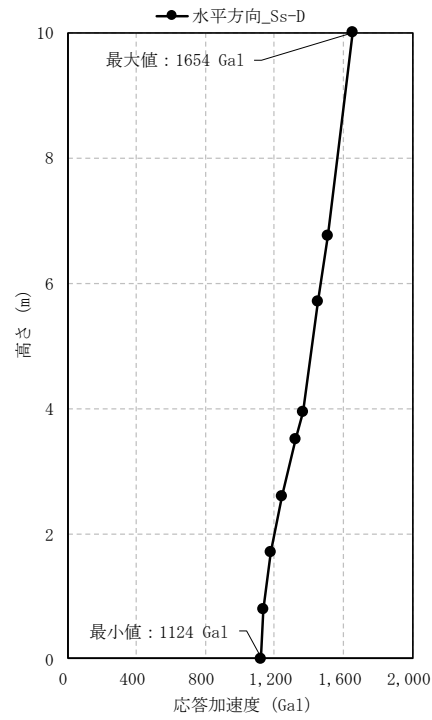
材料		仕様
屋根及び底版	コンクリート	設計基準強度 30.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345
側壁	コンクリート	設計基準強度 36.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345
PC 鋼材	円周方向	鋼より線 1-SWPR19L φ28.6mm
	鉛直方向	鋼棒 SBPR 930/1080 φ29mm (B種1号)
グラウンドアンカ		アンカー長 : 11.5m

表 3.1-4 材料の物性値

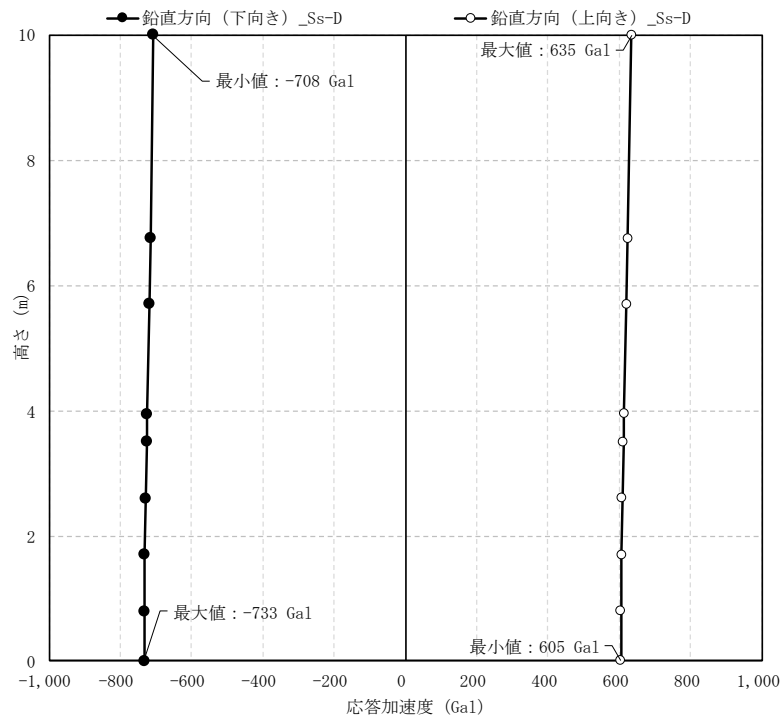
材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
屋根及び底版	2.80×10 <sup>4</sup>	24.5	0.2
側壁	2.98×10 <sup>4</sup>	24.5	0.2

(e) 地震応答解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、すべての基準地震動 S s に対する応答加速度分布図のうち応力解析における影響が最も大きくなるものを図 3.1-12 に示す。



(a) S s - D 水平



(b) S s - D 鉛直

図 3.1-12 最大応答加速度分布図

b. 地震応答解析方法（屋根モデル）

非常用ろ過水タンクの屋根部の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

当該タンクの屋根について、屋根端部に対して屋根中央部の応答が大きくなるといった現実的な挙動を再現するため、3次元有限要素法解析を用いて、基準地震動 $S_s$ に基づき設定した鉛直地震動に対して逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。

なお、モデル化の対象は、側壁の屋根に対する影響を考慮するため、屋根及び側壁とする。屋根及び側壁については、線形シェル要素でモデル化する。

(a) 解析方法

非常用ろ過水タンクの屋根部の地震応答解析は、「3.1.3 (1) a. (e) 地震応答解析結果」にて得られた応答を考慮する。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(b) 解析モデル及び諸元

非常用ろ過水タンクの屋根部の3次元地震応答解析モデルを図3.1-13に示す。

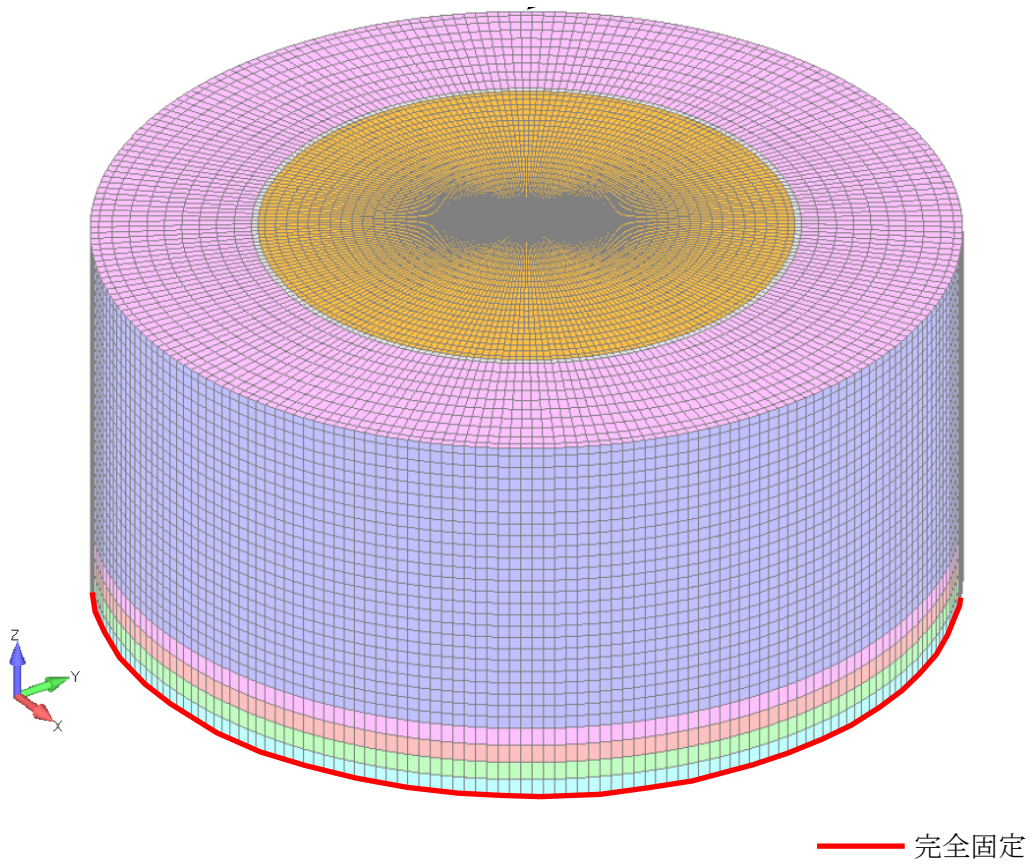


図 3.1-13 3次元地震応答解析モデル図

(c) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

イ. 荷重の種類

非常用ろ過水タンクの地震応答解析（屋根モデル）において、考慮する荷重を以下に示す。

(イ) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(ロ) 積載荷重（P）

積載荷重として、水圧、積雪荷重 $P_s$ 及び「水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説（（社）日本水道協会，1998年）」における上載荷重 $0.5\text{kN/m}^2$ を考慮する。

(ハ) 積雪荷重（ $P_s$ ）

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに $20\text{N/m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(ニ) 地震荷重（ $S_s$ ）

基準地震動 $S_s$ による荷重を考慮する。本荷重は、「3.1.3(1)a.(e)地震応答解析結果」により得られる、側壁下端部に位置する質点系モデル（鉛直）の質点2の応答加速度とする。

図3.1-14に、屋根モデルの入力地震動の概念図を示す。

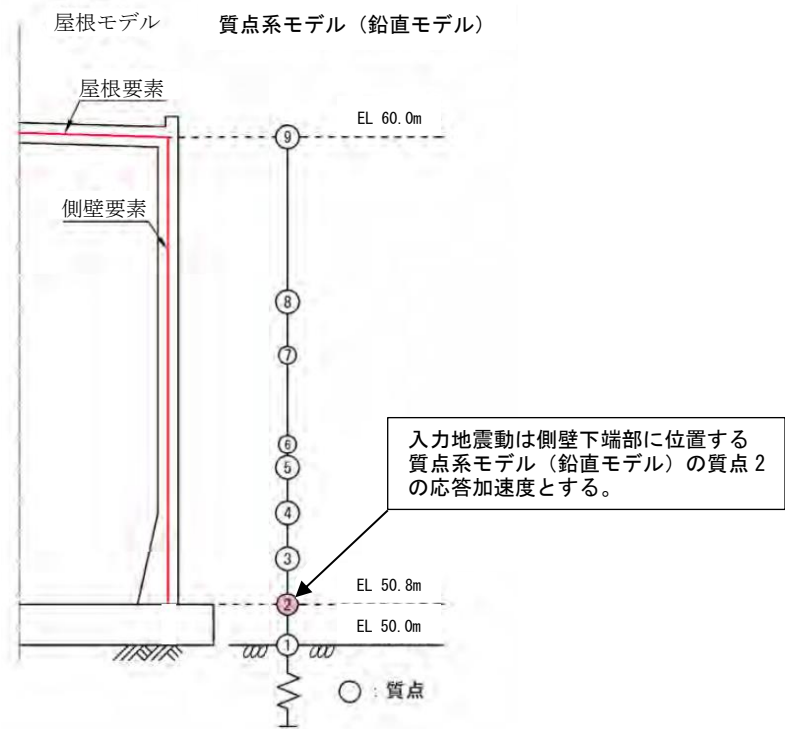


図 3.1-14 屋根モデルの入力地震動の概念図

- ロ. 荷重の組合せ  
 荷重の組合せを表 3.1-5 に示す。

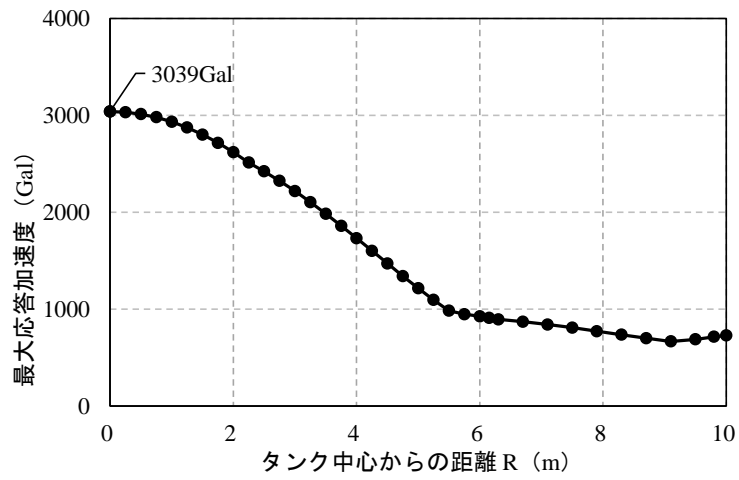
表 3.1-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P + S <sub>s</sub>

- G : 固定荷重  
 P : 積載荷重 (積雪荷重 P<sub>s</sub> を含む)  
 S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

(d) 地震応答解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、すべての基準地震動 $S_s$ に対する応答加速度分布図のうち応力解析における影響が最も大きくなるものを図 3.1-15 に示す。



(a)  $S_s - D$  鉛直

図 3.1-15 最大応答加速度分布図

## c. 構造強度評価方法

非常用ろ過水タンクの応力解析として、非常用ろ過水タンクをシェル要素でモデル化した3次元静的FEM解析を行う。

非常用ろ過水タンクの応力解析は、「3.1.3 (1) a. (e) 地震応答解析結果」より、非常用ろ過水タンクの耐震性に最も影響を及ぼす地震動（S<sub>s</sub>-D）から求めた震度（水平・鉛直）を躯体重量に掛け合わせ、3次元静的FEM解析の解析モデルに作用させる慣性力を算定する。

慣性力については、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて検討する。

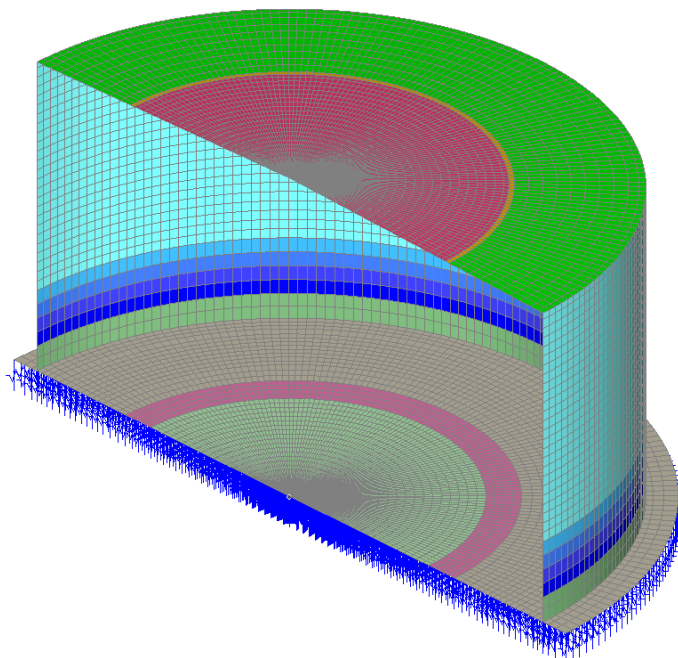
## (a) 解析方法

非常用ろ過水タンクの3次元構造解析は、「3.1.3 (1) a. (e) 地震応答解析結果」及び「3.1.3 (1) b. (d) 地震応答解析結果」により得られた応答値に基づき、水平2方向及び鉛直方向の地震荷重を設定し、各構造部材について、曲げ軸力及びせん断力に対する照査を実施する。

応力解析には「TDA P III」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## (b) 解析モデルの諸元

非常用ろ過水タンクの解析モデルを図3.1-16に示す。



注：解析モデルの内、0°～180°範囲のみ表示している。

図 3.1-16 解析モデル



## (c) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

## イ. 荷重の種類

非常用ろ過水タンクの耐震安全性評価において、考慮する荷重を以下に示す。

## (イ) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

## (ロ) 積載荷重 (P)

積載荷重として、内水圧、積雪荷重 $P_s$ 及び「水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説（（社）日本水道協会，1998年）」における上載荷重 $0.5\text{kN/m}^2$ を考慮する。

(ハ) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪 $100\text{cm}$ に平均的な積雪荷重を与えるための係数 $0.35$ を考慮し $35.0\text{cm}$ とする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量 $1\text{cm}$ ごとに $20\text{N/m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(ニ) 風荷重 ( $P_k$ )

風荷重については、設計基準風速を $30\text{m/s}$ とし、建築基準法に基づき算定する。

(ホ) 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動 $S_s$ による荷重を考慮する。

## (ヘ) プレストレス力 (PS)

解析に入力するプレストレス力は、鉛直方向プレストレスは軸方向力として、円周方向プレストレスは腹圧（タンク中心へ向かう方向の荷重）として入力する。なお、プレストレスの導入は、屋根を打設する前に行うため、プレストレス力を載荷する際の解析モデルは、屋根をモデル化しないものとする。

## (ト) せん断キー荷重 (SK)

せん断キーによる非常用ろ過水タンクとの接続部に生じる反力として、せん断力及び曲げモーメントを考慮することとし、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき設定する。

## (チ) グラウンドアンカ力 (GA)

グラウンドアンカによる荷重は、1本あたり $1300\text{kN}$ とする。

## (リ) 動水圧 (W)

側壁及び底版に対しては、地震時の動水圧は、水平動による動水圧及び鉛直動による動水圧を考慮する。水平動による動水圧の算定は、「水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，1997年）」及び「水道用プレストレストコンク

リートタンク設計施工指針・解説（（社）日本水道協会，1998年）」に基づき，Housner式を用いることとする。

なお，頂版に対しては，地震時のスロッシングによる動水圧は考慮しない。

ロ．荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.1-6 に示す。

表 3.1-6(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub> + P <sub>S</sub> + S <sub>K</sub> + G <sub>A</sub>

G：固定荷重

P：積載荷重（積雪荷重 P<sub>s</sub> を含む）

P<sub>k</sub>：風荷重

S<sub>s</sub>：地震荷重（基準地震動 S<sub>s</sub>）

P<sub>S</sub>：プレストレス力

S<sub>K</sub>：せん断キー荷重

G<sub>A</sub>：グラウンドアンカ力

表 3.1-6(2) 荷重の組合せ（解析ケース一覧）

地震荷重の組合せ*	解析ケース番号
H+1.0, H+0.4, V+0.4	①-1
H+1.0, H+0.4, V-0.4	①-2
H+0.4, H+0.4, V+1.0	①-3
H+0.4, H+0.4, V-1.0	①-4

注記\*：Hは水平地震動による荷重，Vは鉛直地震動による荷重を示す。

鉛直方向の符号は，+が上向きの荷重，-が下向きの荷重を示す。

(d) 許容限界

イ. 非常用ろ過水タンクの健全性に対する許容限界

(イ) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

非常用ろ過水タンクの曲げ・軸力系の破壊に対する評価のうち構造物全体としての安定性確保の評価としては、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，終局曲げモーメントを許容限界とする。また，溢水影響評価の観点から，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す貯水機能を有することの確認として，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，屋根及び底版については短期許容応力度，側壁については降伏曲げモーメントを許容限界とした確認を併せて実施する。

(ロ) せん断破壊に対する許容限界

非常用ろ過水タンクのせん断破壊に対する許容限界を表 3.1-7 に示す。せん断破壊に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，短期許容応力度とする。

表 3.1-7 せん断破壊に対する許容限界

確認項目	部位	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	
構造強度を有すること	屋根及び底版	短期許容せん断 応力度	0.75
	側壁		0.76

ロ. 基礎地盤の健全性に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3.1-8 に示す。

表 3.1-8 非常用ろ過水タンクの許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度	C <sub>L</sub> 級岩盤	3.9

ハ. グラウンドアンカに対する許容限界

グラウンドアンカに対する許容限界は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（（社）地盤工学会、2012年）」及び「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会、2002年制定）」に基づき、許容アンカー力と許容支圧応力度を設定する。

許容アンカー力は、以下の3項目について検討を行い、最も小さい値を採用する。

- 1) テンドンの許容引張り力 (1684kN)
- 2) テンドンの許容拘束力 (2089kN)
- 3) アンカーの許容引抜き力 (1590kN)

グラウンドアンカに対する許容限界を表 3.1-9 に示す。

表 3.1-9 グラウンドアンカに対する許容限界

評価項目	許容限界
グラウンドアンカ	許容アンカー力: 1590 kN 許容支圧応力度: 22.5 N/mm <sup>2</sup>

### 3.1.4 評価結果

#### (1) 構造部材の健全性に対する評価結果

非常用ろ過水タンクの曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 3.1-10 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 3.1-11 に、グラウンドア  
ンカの照査値を表 3.1-12 に示す。

非常用ろ過水タンクの構造部材の発生応力度又は発生力が許容限界以下であることを確認した。

表 3.1-10(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (構造物全体としての安定性確保)

評価位置*		地震動	曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	終局曲げ モーメント (kN・m/m)	照査値
屋根	②	S s - D (++)	88	-213	139	0.64
側壁	③	S s - D (++)	636	217	884	0.72
底版	④	S s - D (++)	227	-535	316	0.72

注記\* : 評価位置は図 3.1-17 に示す。

表 3.1-10(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値  
(溢水影響の確認, 屋根及び底版 (コンクリート))

評価位置*		地震動	曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
屋根	①	S s - D (++)	66	848	11.4	16.5	0.70
底版	④	S s - D (++)	461	584	6.0	16.5	0.37

注記\* : 評価位置は図 3.1-17 に示す。

表 3.1-10(3) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値  
(溢水影響の確認, 屋根及び底版 (鉄筋))

評価位置*		地震動	曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
屋根	②	S s - D (++)	88	-213	238	294	0.81
底版	④	S s - D (++)	227	-535	252	294	0.86

注記\* : 評価位置は図 3.1-17 に示す。

表 3.1-10(4) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (溢水影響の確認, 側壁)

評価位置*		地震動	曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	降伏曲げ モーメント (kN・m/m)	照査値
側壁	③	S s - D (++)	636	217	757	0.85

注記\* : 評価位置は図 3.1-17 に示す。

表 3.1-11 せん断破壊に対する最大照査値

評価位置*		地震動	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
屋根	①	S s - D (++)	0.40	0.75	0.54
側壁	③	S s - D (++)	0.64	0.76	0.85
底版	④	S s - D (++)	0.55	0.75	0.74

注記\* : 評価位置は図 3.1-17 に示す。

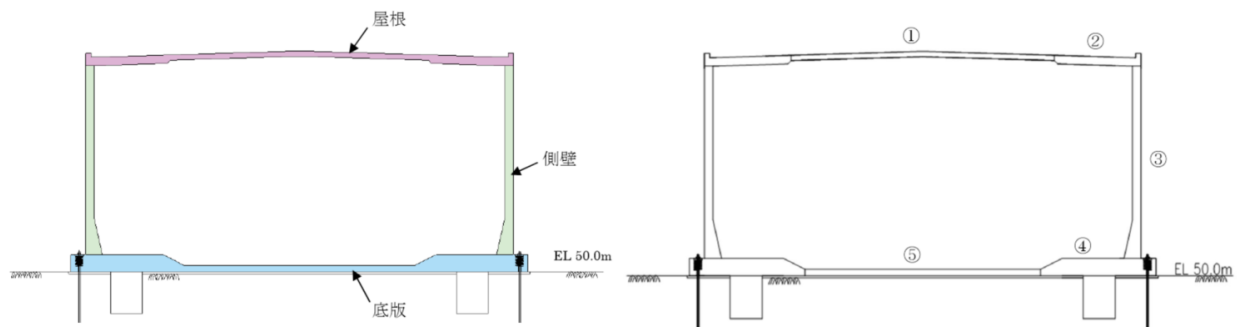


図 3.1-17 評価位置

表 3.1-12(1) グラウンドアンカに対する照査（許容アンカー力）

地震動	設計アンカー力 (kN)	許容アンカー力 (kN)	照査値
S s -D (++)	1351	1590	0.85

表 3.1-12(2) グラウンドアンカに対する照査（許容支圧応力度）

地震動	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
S s -D (++)	14.3	22.5	0.64

(2) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 3.1-13 に示す。

非常用過水タンクの基礎地盤に発生する最大接地圧が、許容限界を下回ることを確認した。

表 3.1-13 基礎地盤の支持性能に対する照査結果

地震動	最大接地圧 (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
S s - D (++)	1.1	3.9	0.29



### 3.2 輪谷貯水槽（西側）

#### 3.2.1 一般事項

本章では輪谷貯水槽（西側）の構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施する。構造部材の健全性評価にあたっては、地震応答解析により得られた応答値が許容限界を下回ることを確認する。基礎地盤の支持性能評価にあたっては、地震応答解析により得られた基礎地盤の接地圧が、許容限界を下回ることを確認する。

#### (1) 配置概要

輪谷貯水槽（西側）の位置図を図 3.2-1 に示す。

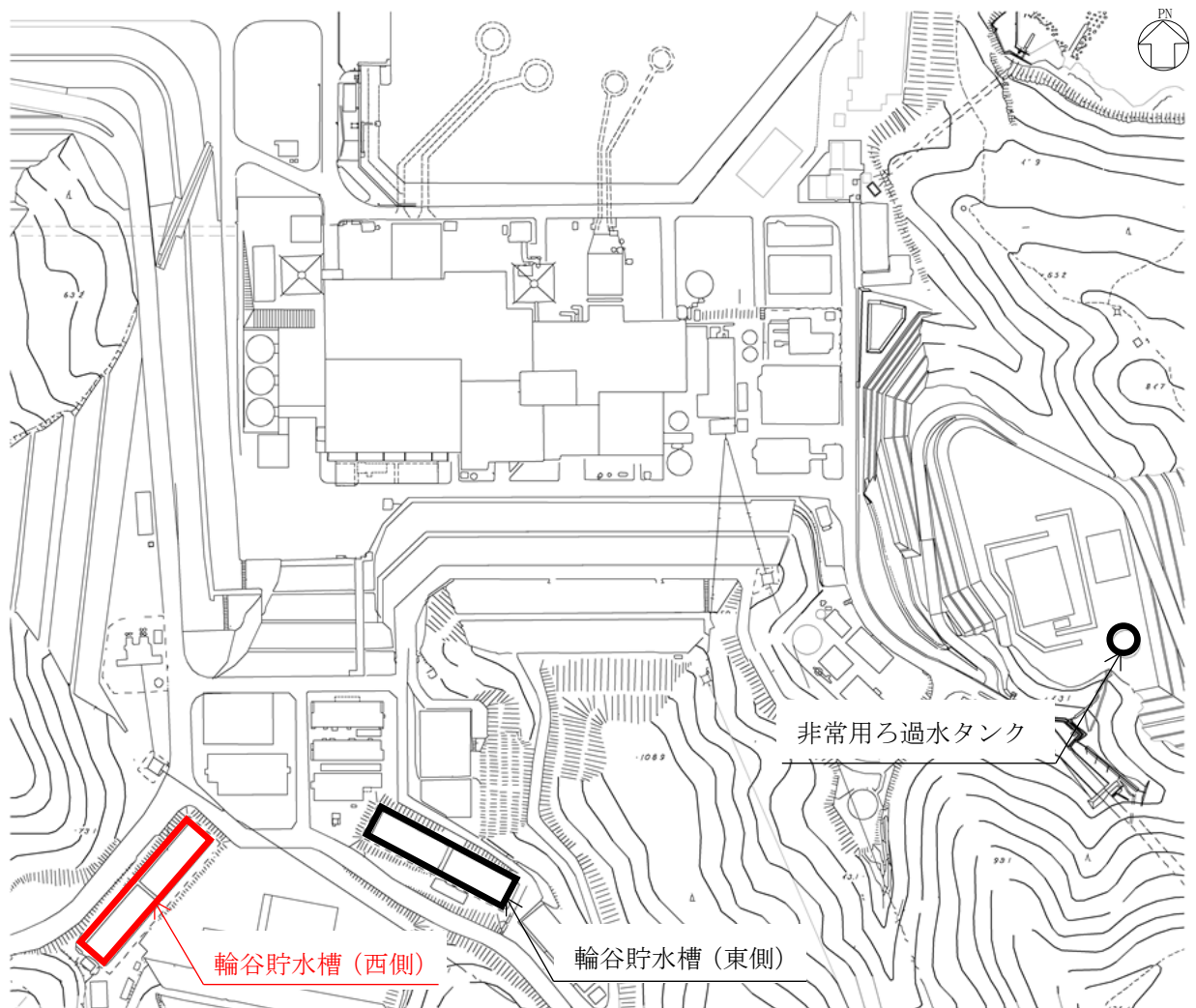


図 3.2-1 輪谷貯水槽（西側）位置図

(2) 構造計画

輪谷貯水槽（西側）の平面図を図 3.2-2 に、断面図を図 3.2-3 に、概略配筋図を図 3.2-4 に示す。

輪谷貯水槽（西側）は、既設輪谷貯水槽内に新設された鉄筋コンクリート造の箱型構造物である。

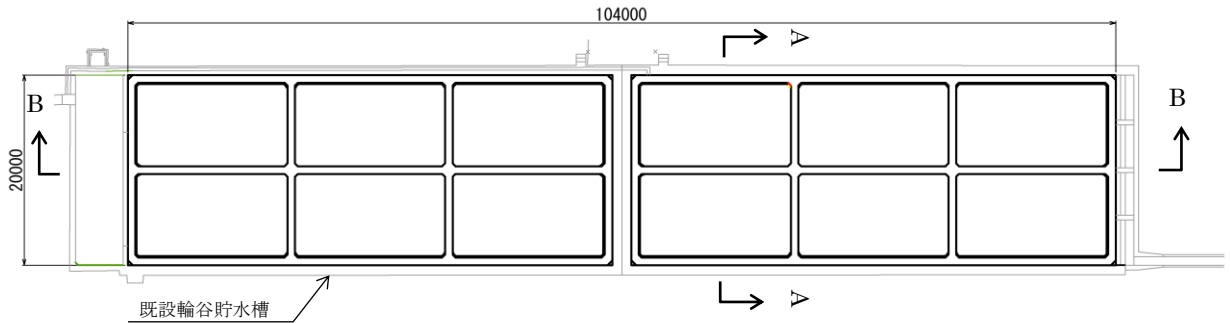


図 3.2-2 輪谷貯水槽（西側） 平面図

(単位: mm)

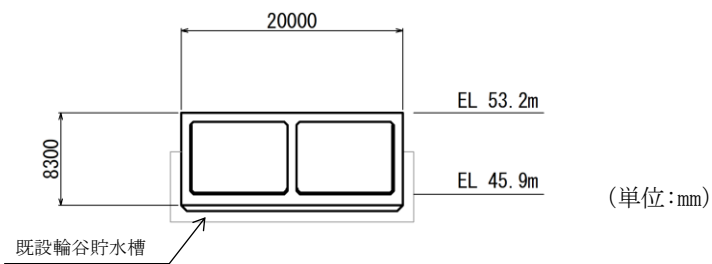


図 3.2-3(1) 輪谷貯水槽（西側） 断面図（A-A断面）

(単位: mm)

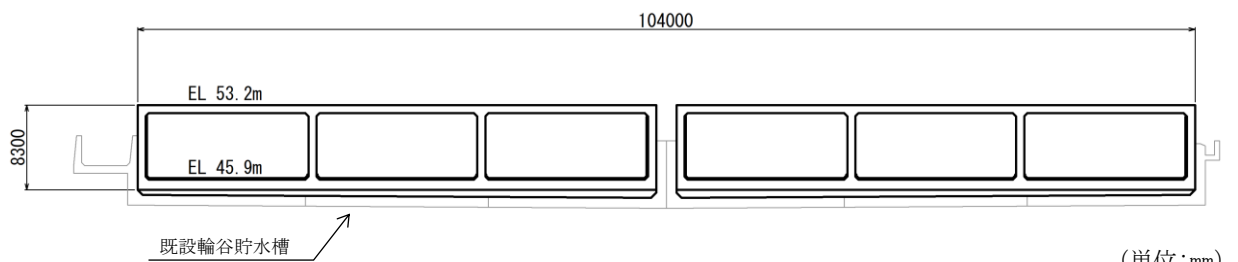


図 3.2-3(2) 輪谷貯水槽（西側） 断面図（B-B断面）

(単位: mm)



(3) 評価方針

輪谷貯水槽（西側）の耐震評価フローを図 3.2-5 に示す。

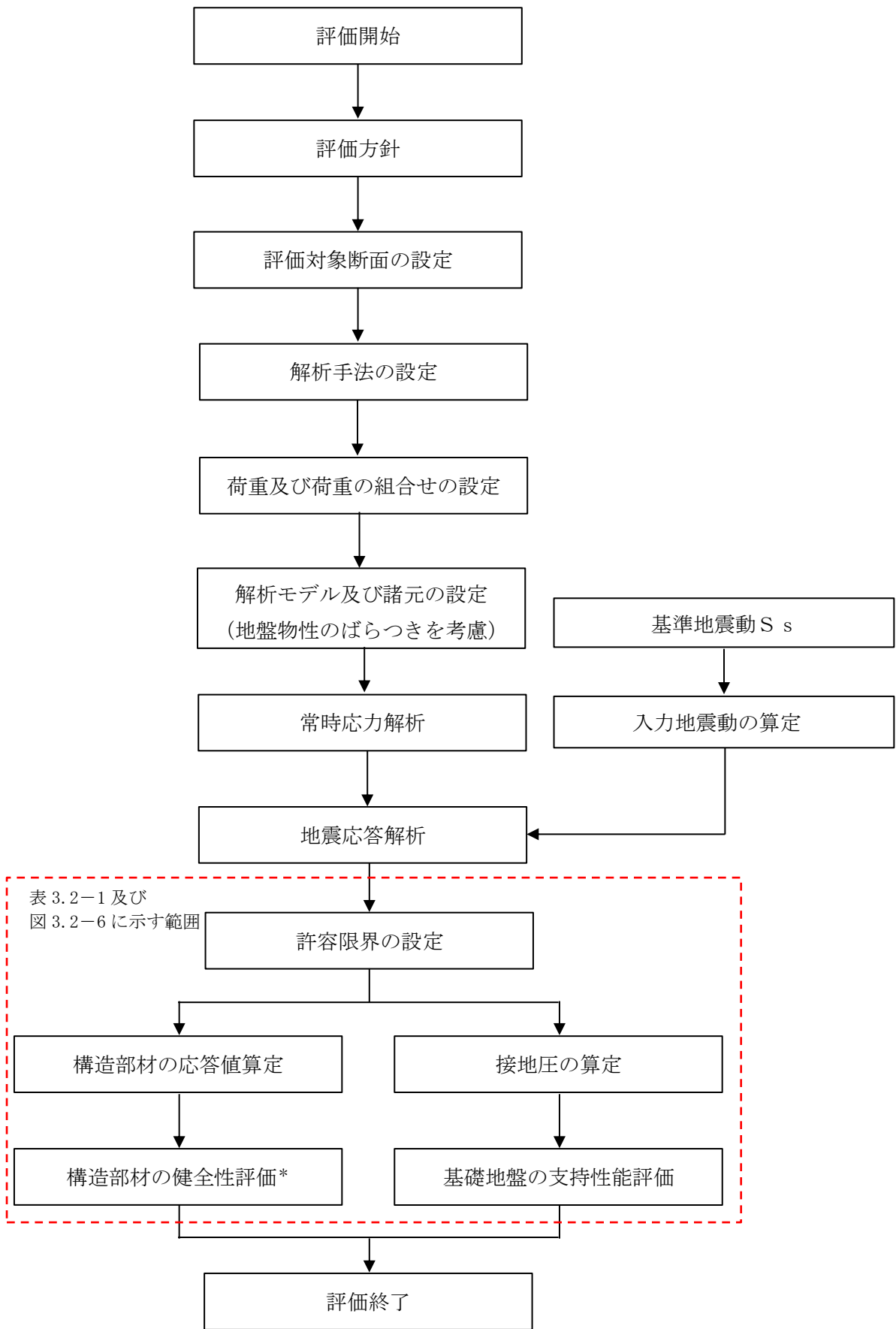
輪谷貯水槽（西側）の耐震評価は、地震応答解析により得られた応答値に基づき、表 3.2-1(1)の輪谷貯水槽（西側）の評価項目（構造部材）に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。また、地震応答解析により得られた応答値に基づき、表 3.2-1(2)の輪谷貯水槽（西側）の評価項目（基礎地盤）に示すとおり、基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、「3.2.3 地震応答解析及び構造強度評価」より得られた応答値を用いて、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する評価を行い、応答値が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、「3.2.3 地震応答解析及び構造強度評価」より得られた応答値を用いて、基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

また、輪谷貯水槽（西側）の頂版、側壁、隔壁及び底版は、構造物全体としての安定性確保の評価をした上で、溢水影響の確認を行う。輪谷貯水槽（西側）の評価対象部位を図 3.2-6 に示す。構造物全体の安定性確保の評価範囲は、頂版、側壁、隔壁及び底版の全ての範囲を対象とする。溢水影響の確認は、その部材のひび割れからの漏水が溢水量検討に影響を及ぼし得る範囲を対象とする。



注記\*：構造物全体としての安定性確保を評価した上で、溢水影響の確認を実施する。

図 3.2-5 輪谷貯水槽（西側）の耐震評価フロー

表 3.2-1(1) 輪谷貯水槽（西側）の評価項目（構造部材）

評価方針	評価項目	評価方法	部位	照査項目	許容限界	
					構造物全体としての安定性確保	溢水影響の確認
構造強度を有すること	構造部材の健全性	発生するひずみ及び応力が許容限界以下であることを確認	頂版側壁	曲げ・軸力系の破壊	圧縮縁コンクリートひずみ*	降伏ひずみ*
				せん断破壊	せん断耐力*	—
			隔壁底版	曲げ・軸力系の破壊	圧縮縁コンクリートひずみ*	—
				せん断破壊	せん断耐力*	—

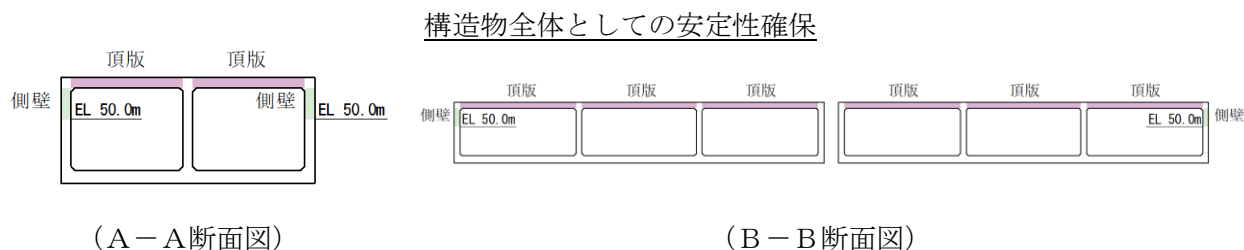
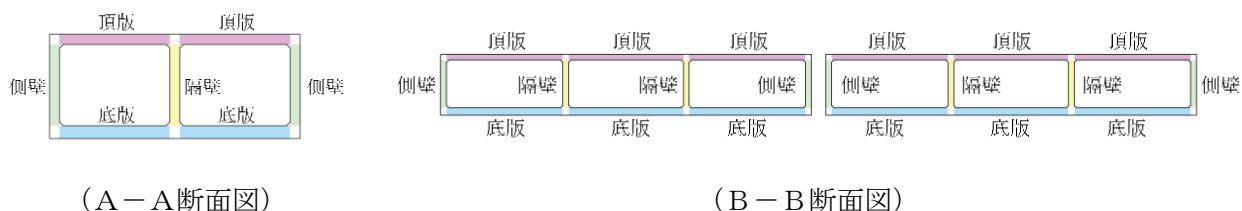
注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する。

表 3.2-1(2) 輪谷貯水槽（西側）の評価項目（基礎地盤）

評価方針	評価項目	評価方法	部位	許容限界	
構造強度を有すること	基礎地盤の支持性能	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	基礎地盤	接地圧	極限支持力度*

注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する。

S2 補 VI-2-別添 2-2 R1



溢水影響の確認

図 3.2-6 評価対象部位

(4) 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ( (社) 土木学会, 2005 年)
- ・道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編) ・同解説 ( (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・コンクリート標準示方書 [設計編] ((社) 土木学会, 2007 年制定)

### 3.2.2 評価部位

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は、頂版、側壁、隔壁及び底版とする。評価対象部位を図 3.2-7 に示す。

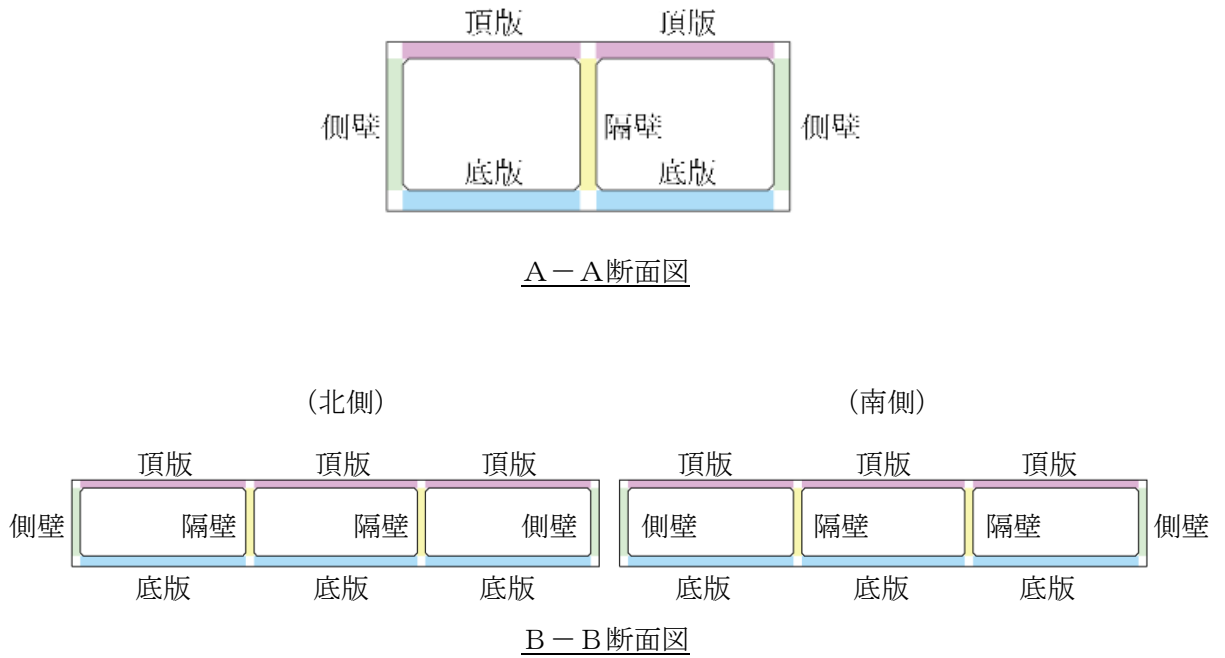


図 3.2-7 評価対象部位



### 3.2.3 地震応答解析及び構造強度評価

#### (1) 地震応答解析及び構造強度評価方法

##### a. 地震応答解析方法

##### (a) 解析方法

輪谷貯水槽（西側）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用いて、基準地震動 $S_s$ に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴非線形解析により行う。輪谷貯水槽（西側）は、施設周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないことから、解析手法は全応力解析とする。

地震応答解析については、解析コード「TDA P III」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(b) 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3.2-8 に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

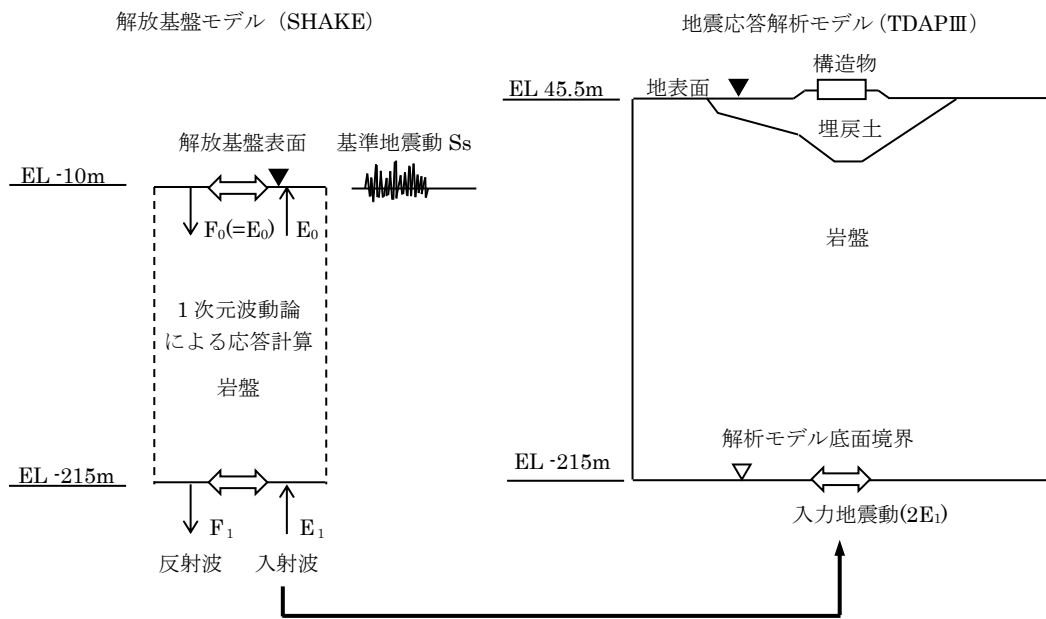


図 3.2-8 入力地震動作成の概念図

b. 解析モデル及び諸元

輪谷貯水槽（西側）の地震応答解析モデルを図 3.2-9 に示す。

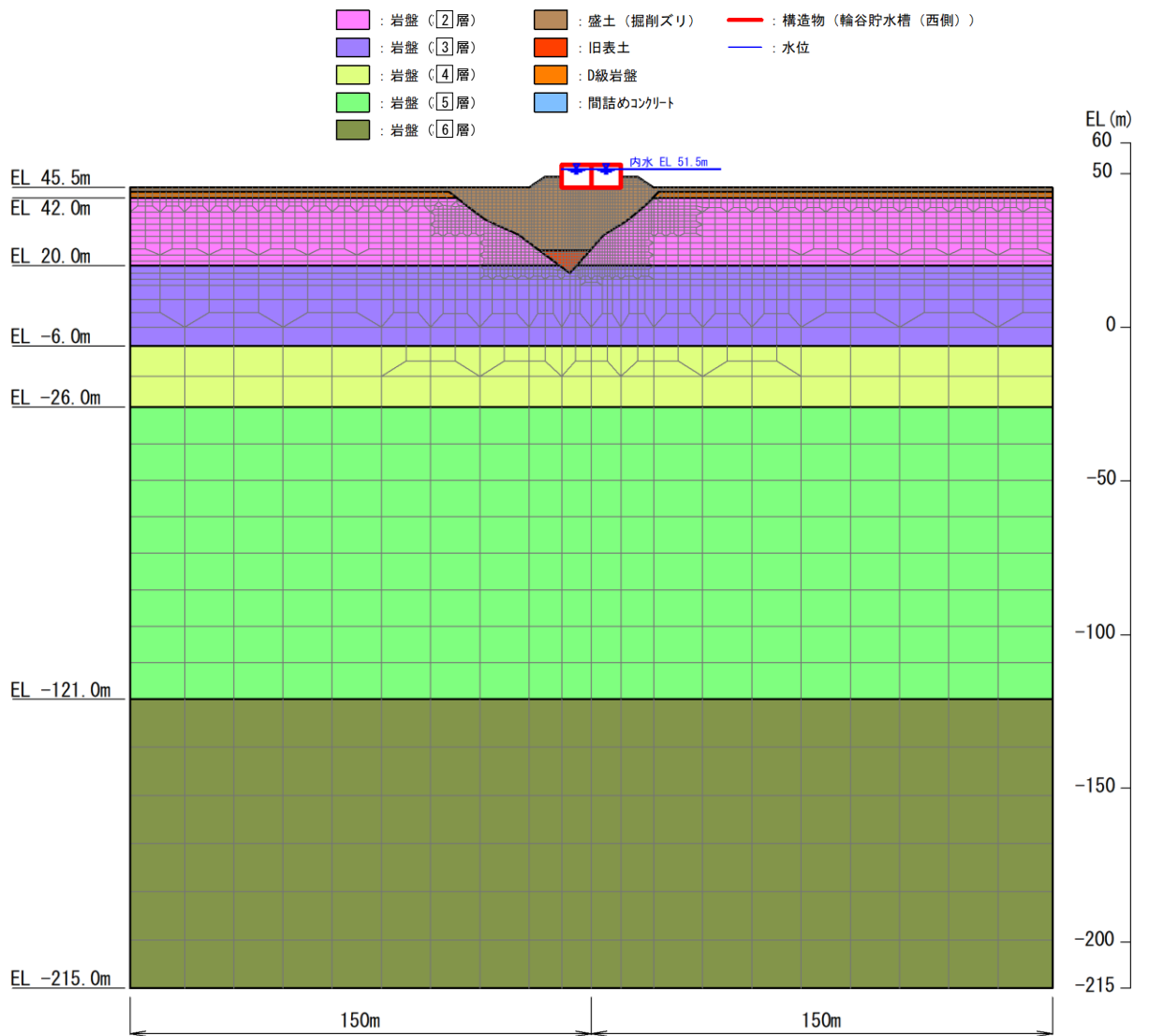


図 3.2-9(1) 輪谷貯水槽（西側） 地震応答解析モデル図（A-A断面）

- |             |               |                      |
|-------------|---------------|----------------------|
| ■ : 岩盤 (2層) | ■ : 盛土 (掘削ズリ) | — : 構造物 (輪谷貯水槽 (西側)) |
| ■ : 岩盤 (3層) | ■ : 旧表土       | — : 水位               |
| ■ : 岩盤 (4層) | ■ : D級岩盤      | ■ : 構造物 (面内壁)        |
| ■ : 岩盤 (5層) | ■ : 間詰めコンクリート |                      |
| ■ : 岩盤 (6層) |               |                      |

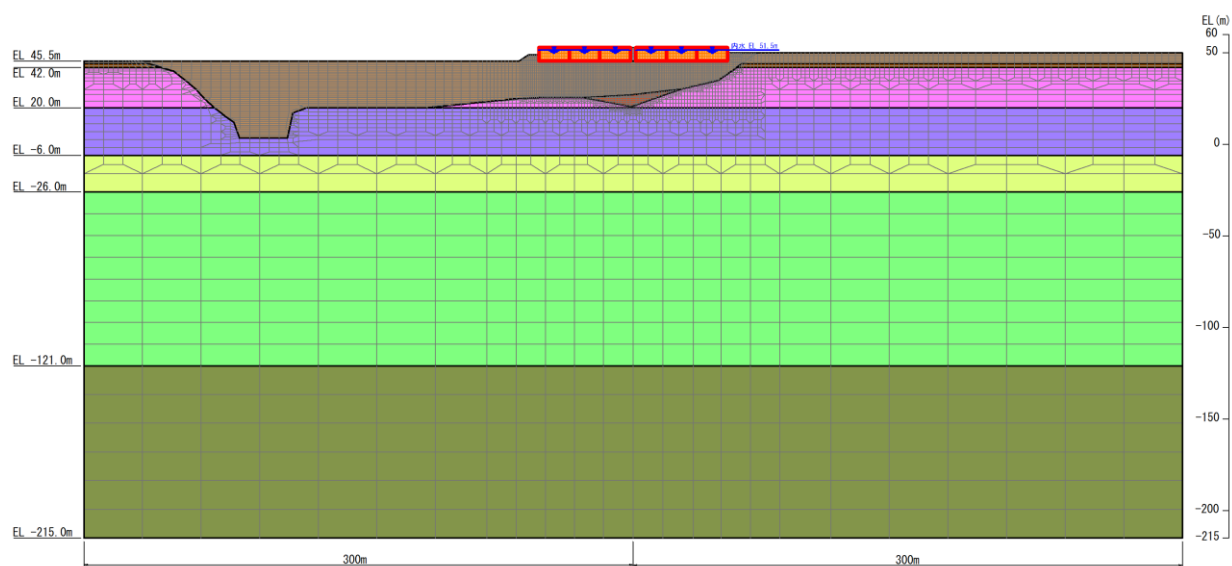


図 3.2-9(2) 輪谷貯水槽 (西側) 地震応答解析モデル図 (B-B断面)

c. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3.2-2 に、材料の物性値を表 3.2-3 に示す。

表 3.2-2 使用材料

材料		仕様
輪谷貯水槽（西側）	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345

表 3.2-3 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
輪谷貯水槽（西側）	2.5×10 <sup>4</sup>	24.0	0.2

(2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。なお、複合荷重1の中で、最も照査結果が厳しくなる解析ケースを対象に、土石流堆積荷重を組合せた影響確認（複合荷重2）を実施する。

a. 荷重の種類

輪谷貯水槽（西側）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(a) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重を考慮する。

(b) 積載荷重（P）

積載荷重として、土圧、水圧及び積雪荷重 $P_s$ を考慮する。

(c) 積雪荷重（ $P_s$ ）

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに $20\text{N/m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(d) 風荷重（ $P_k$ ）

風荷重については、設計基準風速を $30\text{m/s}$ とし、建築基準法に基づき算定する。

(e) 土石流堆積荷重（ $P_{Ed}$ ）

輪谷貯水槽（西側）周辺は、国土数値情報 土砂災害危険箇所データ（国土交通省国土政策局）によると土石流危険区域にあることから、土石流堆積荷重を考慮する。

(f) 地震荷重（ $S_s$ ）

基準地震動 $S_s$ による荷重を考慮する。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.2-4 に示す。

表 3.2-4 荷重の組合せ

設計荷重の種類*	外力の状態	荷重の組合せ
複合荷重 1	地震時 ( $S_s$ )	$G + P + P_k + S_s$
複合荷重 2		$G + P + P_k + P_{Ed} + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重  $P_s$  を含む。)

$P_k$  : 風荷重

$P_{Ed}$  : 土石流堆積荷重

$S_s$  : 地震荷重 (基準地震動  $S_s$ )

注記\* : 基本ケース (複合荷重 1) の中で最も照査結果が厳しくなる解析ケースを対象に、複合荷重 2 として、土石流堆積荷重を組合せた解析を実施する。

## (3) 許容限界

## a. 輪谷貯水槽（西側）の健全性に対する許容限界

## (a) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

輪谷貯水槽（西側）の曲げ・軸力系の破壊に対する評価のうち構造物全体としての安定性確保の評価としては、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）」に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ1.0%）を許容限界とする。また、溢水影響評価の観点から、頂版及び地上の側壁部については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す貯水機能を有することの確認として、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき、コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋ひずみについて、部材降伏に相当する限界ひずみ（コンクリート：2000 $\mu$ ，主鉄筋：1725 $\mu$ ）を許容限界とした確認を併せて実施する。

## (b) せん断破壊に対する許容限界

輪谷貯水槽（西側）のせん断破壊に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2007年制定）」に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

## b. 基礎地盤の健全性に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、基礎地盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表3.2-5に示す。

表 3.2-5 輪谷貯水槽（西側）の許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度	埋戻土	1.2



### 3.2.4 評価結果

#### (1) 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の健全性に対する照査結果の最大照査値を表 3.2-6～表 3.2-13 に示す。

表 3.2-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)  
(構造物全体としての安定性確保)

複合荷重	地震動		照査用ひずみ	照査ひずみ	照査値
			$\varepsilon_d^*(\mu)$	$\varepsilon_R(\mu)$	$\varepsilon_d/\varepsilon_R$
1	S <sub>s</sub> -N 1	++	1176	10000	0.12
2	S <sub>s</sub> -F 2	++	898	10000	0.09

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.2-7 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)  
(構造物全体としての安定性確保)

複合荷重	地震動		照査用ひずみ	照査ひずみ	照査値
			$\varepsilon_d^*(\mu)$	$\varepsilon_R(\mu)$	$\varepsilon_d/\varepsilon_R$
1	S <sub>s</sub> -D	++	56	10000	0.01
2	S <sub>s</sub> -D	++	54	10000	0.01

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.2-8 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面, コンクリート)  
(溢水影響の確認)

複合荷重	地震動		照査用ひずみ	照査ひずみ	照査値
			$\varepsilon_d^*(\mu)$	$\varepsilon_R(\mu)$	$\varepsilon_d/\varepsilon_R$
1	S <sub>s</sub> -D	++	514	2000	0.26
2	S <sub>s</sub> -F 2	++	518	2000	0.26

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.2-9 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面, 主筋) (溢水影響の確認)

複合荷重	地震動		照査用ひずみ	照査ひずみ	照査値
			$\varepsilon_d^*(\mu)$	$\varepsilon_R(\mu)$	$\varepsilon_d/\varepsilon_R$
1	S <sub>s</sub> -D	++	1239	1725	0.72
2	S <sub>s</sub> -F 2	++	1190	1725	0.69

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.2-10 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面, コンクリート)  
(溢水影響の確認)

複合荷重	地震動		照査用ひずみ	照査ひずみ	照査値
			$\varepsilon_d^*(\mu)$	$\varepsilon_R(\mu)$	$\varepsilon_d/\varepsilon_R$
1	S <sub>s</sub> -F1	++	39	2000	0.02
2	S <sub>s</sub> -D	++	42	2000	0.03

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.2-11 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面, 主筋) (溢水影響の確認)

複合荷重	地震動		照査用ひずみ	照査ひずみ	照査値
			$\varepsilon_d^*(\mu)$	$\varepsilon_R(\mu)$	$\varepsilon_d/\varepsilon_R$
1	S <sub>s</sub> -D	++	144	1725	0.09
2	S <sub>s</sub> -D	++	146	1725	0.09

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.2-12 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

複合荷重	地震動		評価位置*1	照査用	せん断	照査値	
				せん断力	耐力		
				$V_d^{*2}$ (kN)	$V_{yd}$ (kN)	$V_d/V_{yd}$	
1	S <sub>s</sub> -N1	++	頂版	2	233	1058	0.23
			側壁	4	279	645	0.44
			隔壁	5	363	653	0.56
			底版	6	324	754	0.43
2	S <sub>s</sub> -F2	++	底版	7	381	844	0.46

注記\*1 : 評価位置は図 3.2-10 に示す。

\*2 : 照査用せん断力  $V_d$  = 発生せん断力 × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.05)

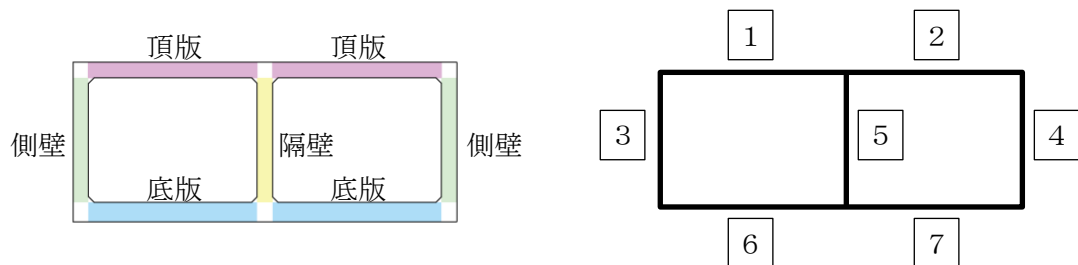


図 3.2-10 評価位置図 (A-A断面)



(2) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果の最大照査値を表 3.2-14 及び表 3.2-15 に示す。

表 3.2-14 支持性能に対する最大照査値 (A-A断面)

複合荷重	地震動	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
1	S s - F 2 (++)	0.73	1.2	0.61
2	S s - F 2 (++)	0.76	1.2	0.64

表 3.2-15 支持性能に対する最大照査値 (B-B断面)

複合荷重	地震動	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
1	S s - D (++)	0.70	1.2	0.59
2	S s - D (++)	0.75	1.2	0.63

### 3.3 輪谷貯水槽（東側）

#### 3.3.1 一般事項

本章では輪谷貯水槽（東側）の構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施する。構造部材の健全性評価にあたっては、地震応答解析により得られた応答値が許容限界を下回ることを確認する。基礎地盤の支持性能評価にあたっては、地震応答解析により得られた基礎地盤の接地圧が、許容限界を下回ることを確認する。

#### (1) 配置概要

輪谷貯水槽（東側）の位置図を図 3.3-1 に示す。

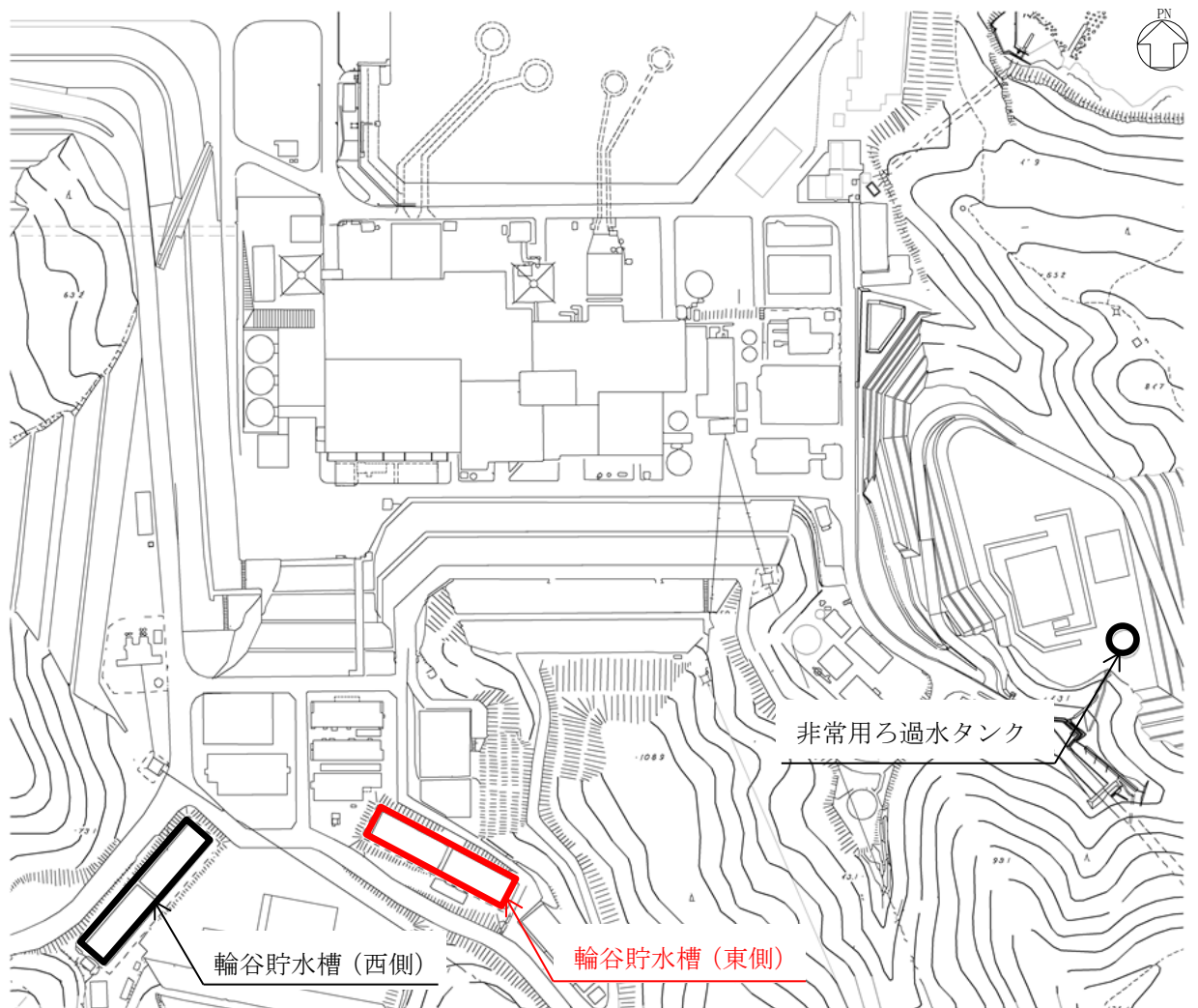


図 3.3-1 輪谷貯水槽（東側）位置図

(2) 構造計画

輪谷貯水槽（東側）の平面図を図 3.3-2 に、断面図を図 3.3-3 に、概略配筋図を図 3.3-4 に示す。

輪谷貯水槽（東側）は、鉄筋コンクリート造の箱型構造物である。

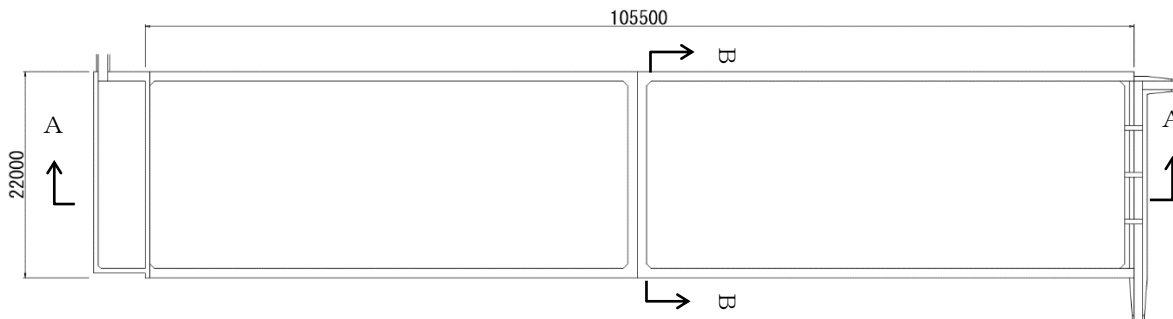
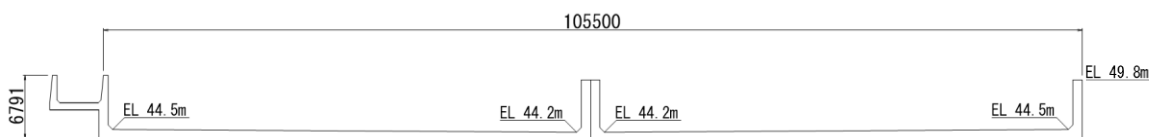
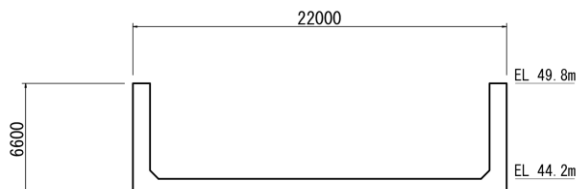


図 3.3-2 輪谷貯水槽（東側） 平面図 (単位: mm)



(単位: mm)

図 3.3-3(1) 輪谷貯水槽（東側） 断面図（A-A断面）



(単位: mm)

図 3.3-3(2) 輪谷貯水槽（東側） 断面図（B-B断面）

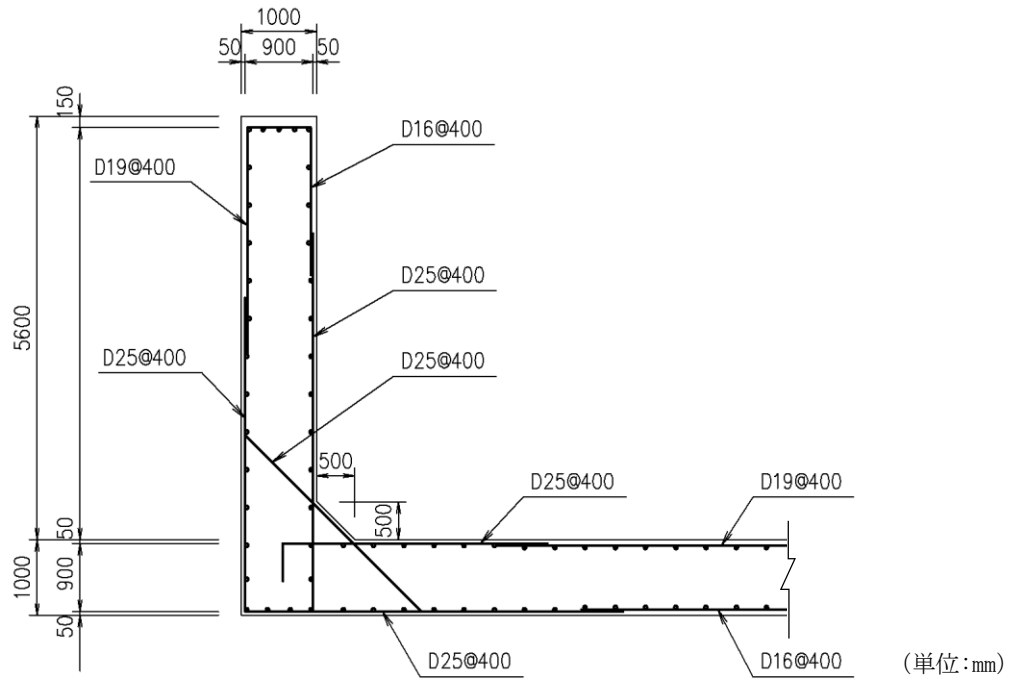


図 3.3-4 輪谷貯水槽 (東側) 概略配筋図

(3) 評価方針

輪谷貯水槽（東側）の耐震評価フローを図 3.3-5 に示す。

輪谷貯水槽（東側）の耐震評価は、地震応答解析により得られた応答値に基づき、表 3.3-1(1)の輪谷貯水槽（東側）の評価項目（構造部材）に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。また、地震応答解析により得られた応答値に基づき、表 3.3-1(2)の輪谷貯水槽（東側）の評価項目（基礎地盤）に示すとおり、基礎地盤の支持性能評価を行う。

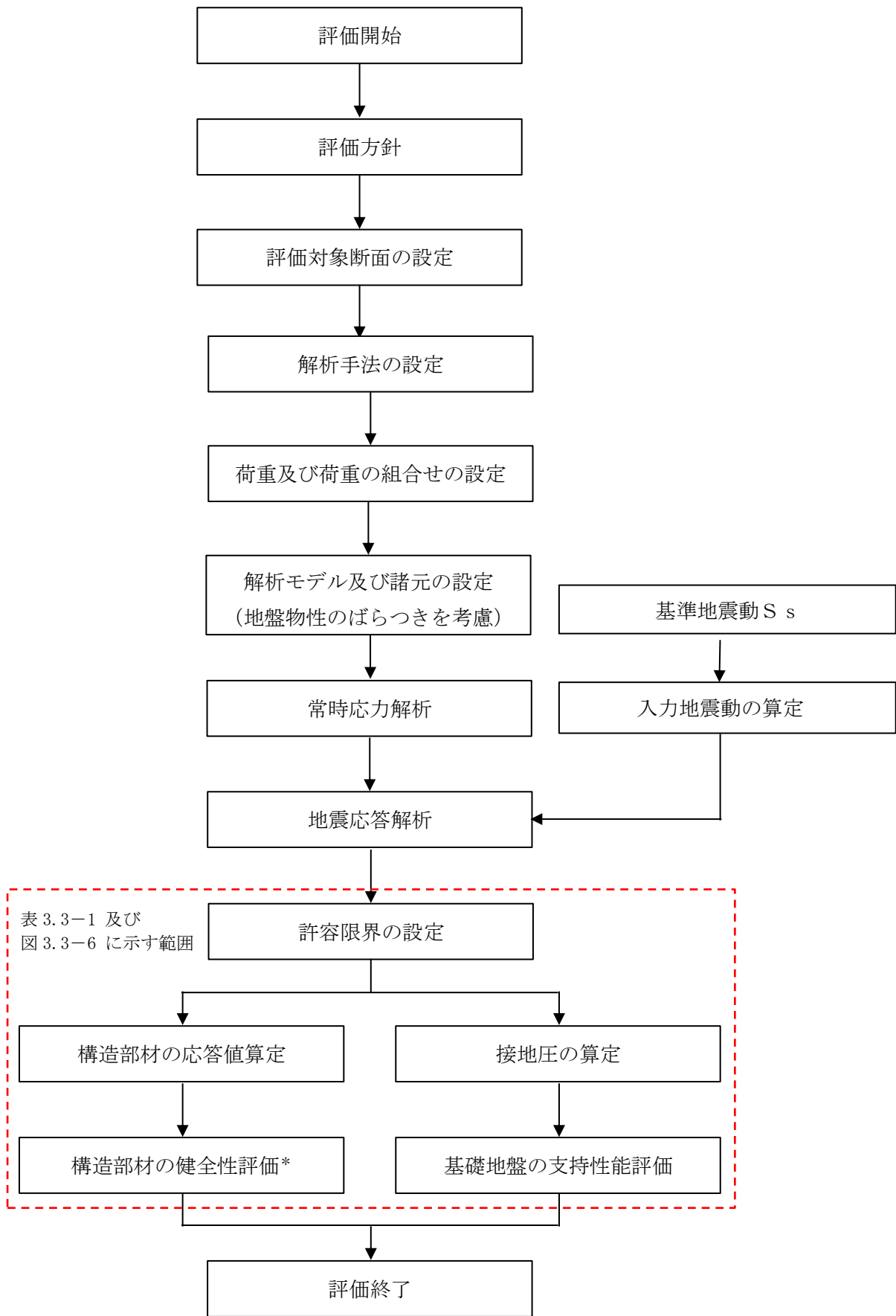
構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、「3.3.3 地震応答解析及び構造強度評価」より得られた応答値を用いて、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する評価を行い、応答値が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、「3.3.3 地震応答解析及び構造強度評価」より得られた応答値を用いて、基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

また、輪谷貯水槽（東側）の側壁及び底版は、構造物全体としての安定性確保の評価をした上で、溢水影響の確認を行う。輪谷貯水槽（東側）の評価対象部位を図 3.3-6 に示す。構造物全体の安定性確保の評価範囲は、側壁及び底版の全ての範囲を対象とする。溢水影響の確認は、その部材のひび割れからの漏水が溢水量検討に影響を及ぼし得る範囲を対象とする。





注記\*：構造物全体としての安定性確保を評価した上で、溢水影響の確認を実施する。

図 3.3-5 輪谷貯水槽（東側）の耐震評価フロー

表 3.3-1(1) 輪谷貯水槽（東側）の評価項目（構造部材）

評価方針	評価項目	評価方法	部位	照査項目	許容限界	
					構造物全体としての安定性確保	溢水影響の確認
構造強度を有すること	構造部材の健全性	発生するひずみ及び応力が許容限界以下であることを確認	側壁	曲げ・軸力系の破壊	圧縮縁コンクリートひずみ*	降伏ひずみ*
				せん断破壊	せん断耐力*	—
			底版	曲げ・軸力系の破壊	圧縮縁コンクリートひずみ*	—
				せん断破壊	せん断耐力*	—

注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する。

表 3.3-1(2) 輪谷貯水槽（東側）の評価項目（基礎地盤）

評価方針	評価項目	評価方法	部位	許容限界	
構造強度を有すること	基礎地盤の支持性能	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	基礎地盤	接地圧	極限支持力度*

注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する。

S2 補 VI-2-別添 2-2 R1

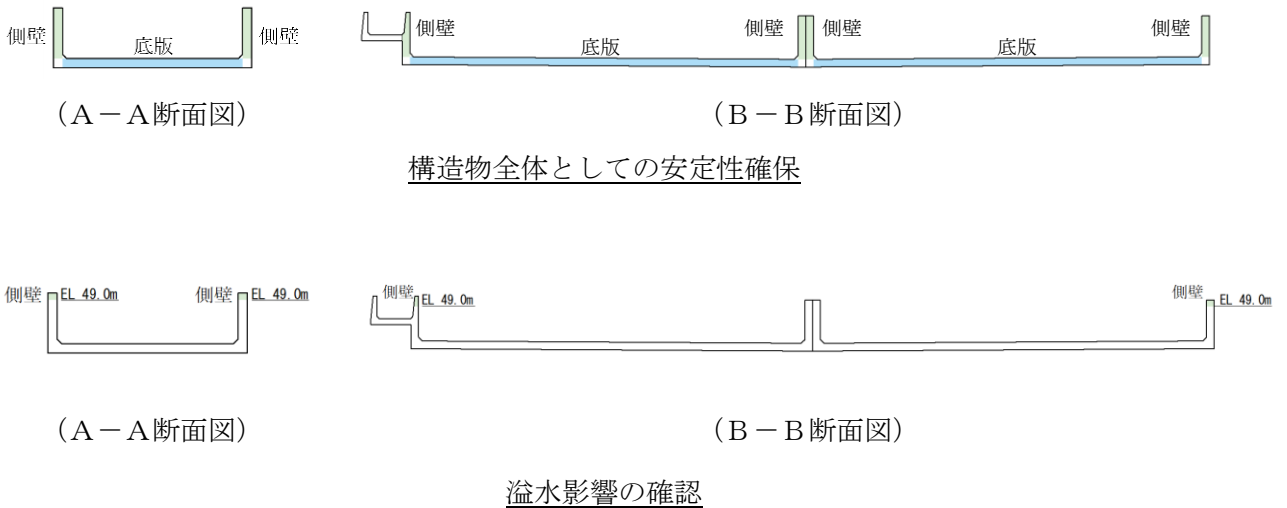


図 3.3-6 評価対象部位

(4) 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ( (社) 土木学会, 2005 年)
- ・道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編) ・同解説 ( (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・コンクリート標準示方書 [設計編] ( (社) 土木学会, 2007 年制定)

### 3.3.2 評価部位

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は、側壁及び底版とする。評価対象部位を図3.3-7に示す。

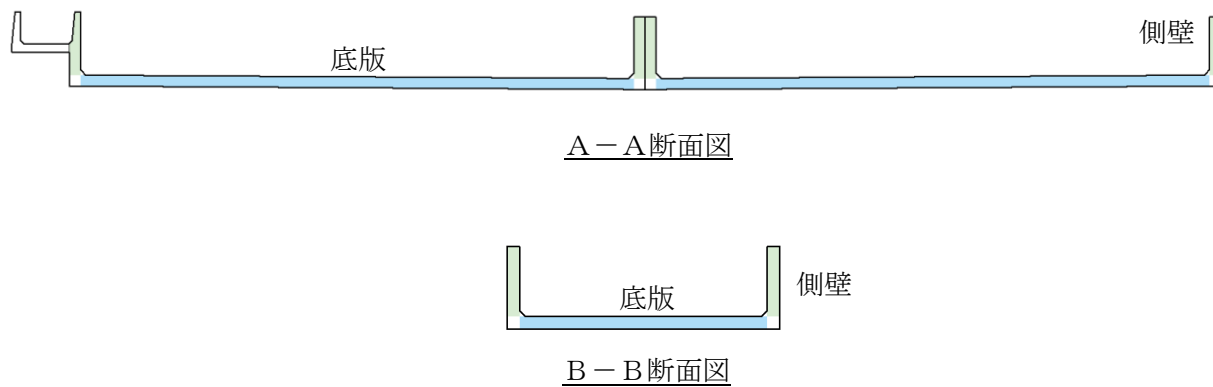


図 3.3-7 評価対象部位

### 3.3.3 地震応答解析及び構造強度評価

#### (1) 地震応答解析及び構造強度評価方法

##### a. 地震応答解析方法

##### (a) 解析方法

輪谷貯水槽（東側）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用いて、基準地震動 $S_s$ に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴非線形解析により行う。輪谷貯水槽（東側）は、施設周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないことから、解析手法は全応力解析とする。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(b) 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3.3-8 に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

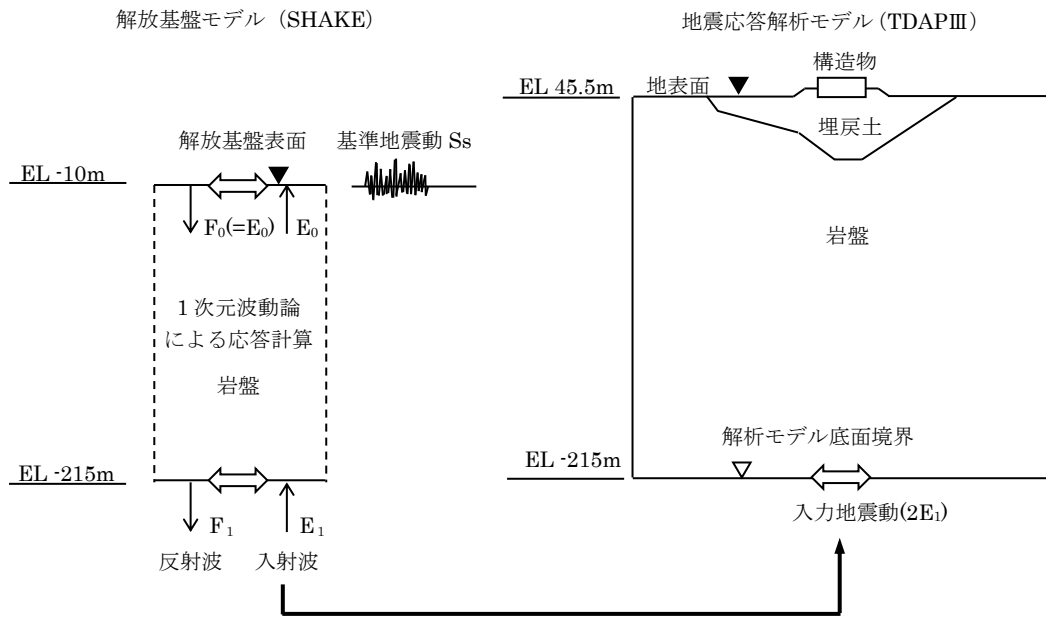


図 3.3-8 入力地震動作成の概念図

b. 解析モデル及び諸元

輪谷貯水槽（東側）の地震応答解析モデルを図 3.3-9 に示す。

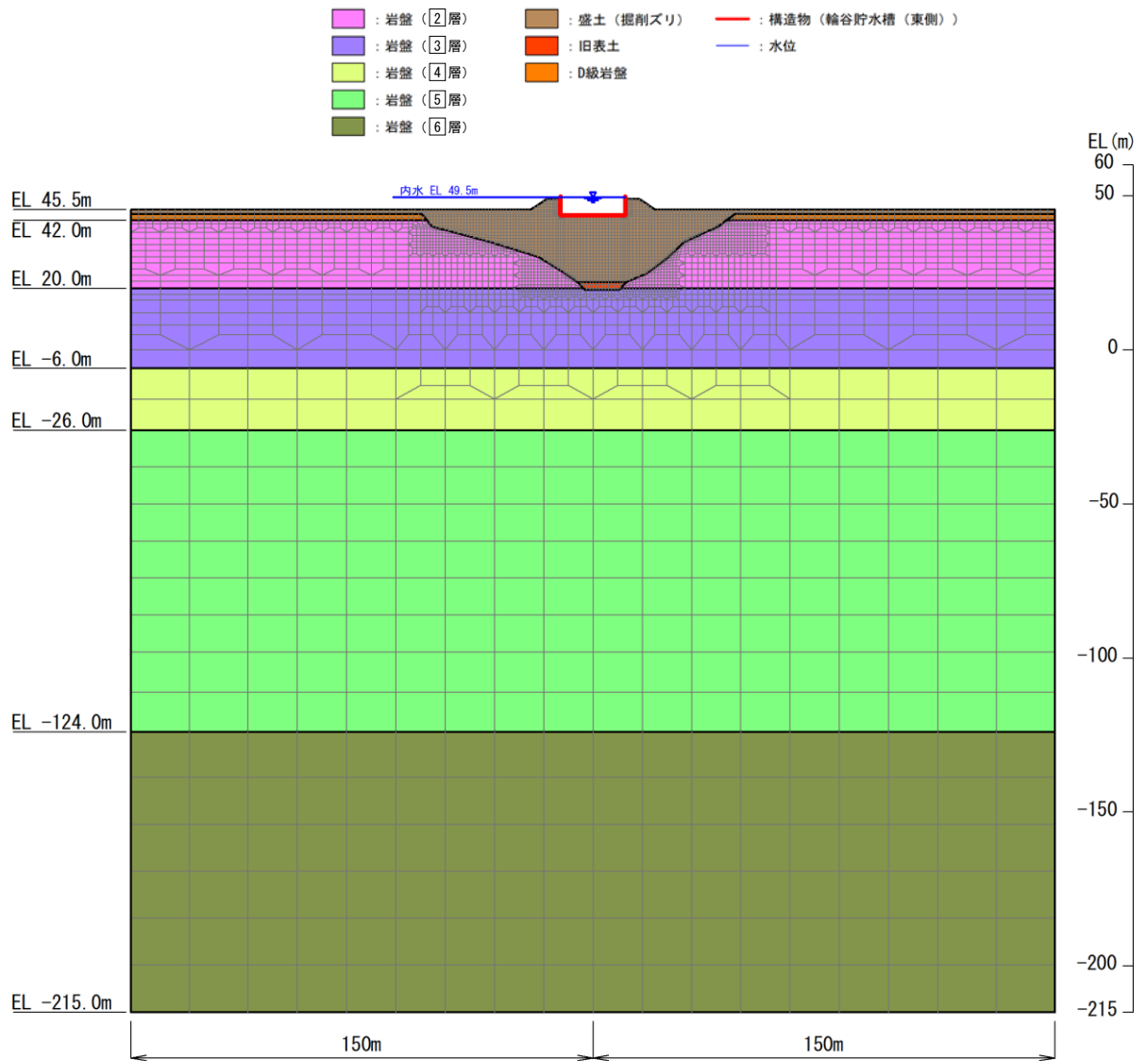


図 3.3-9(1) 輪谷貯水槽（東側） 地震応答解析モデル図（A-A断面）

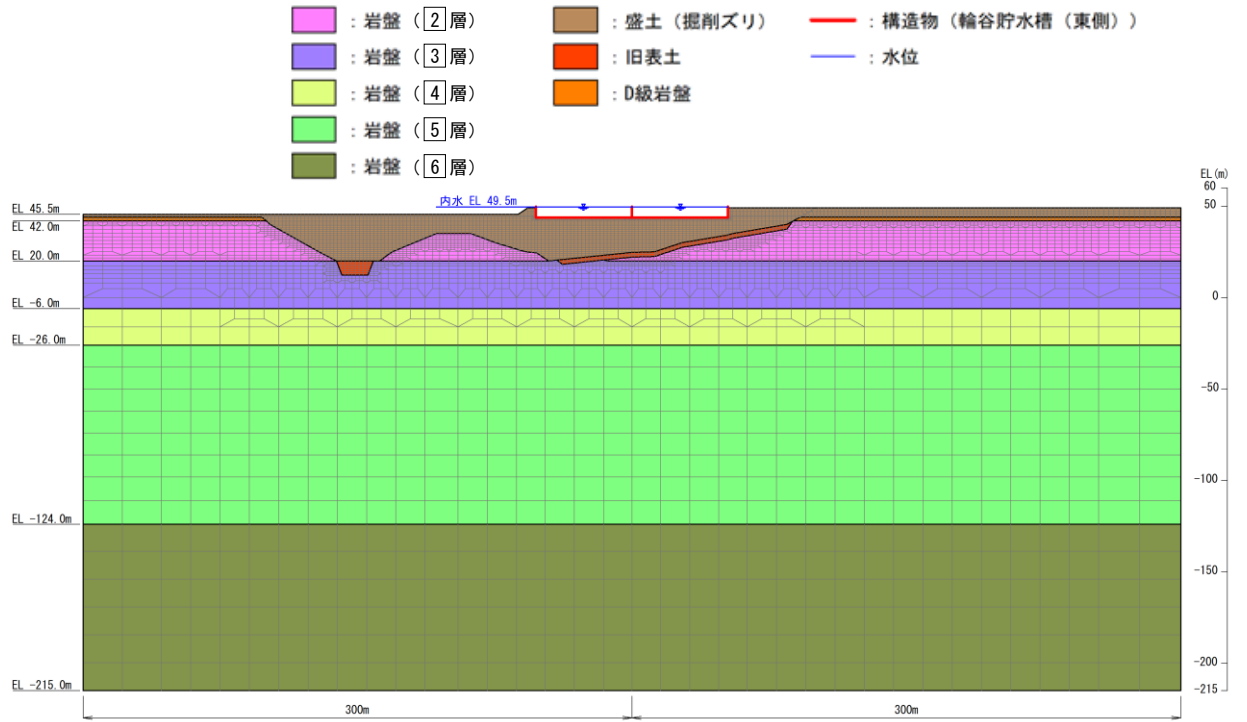


図 3.3-9(2) 輪谷貯水槽 (東側) 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



c. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3.3-2 に、材料の物性値を表 3.3-3 に示す。

表 3.3-2 使用材料

材料		仕様
輪谷貯水槽（東側）	コンクリート	設計基準強度 17.7N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SR235

表 3.3-3 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
輪谷貯水槽（東側）	2.19×10 <sup>4</sup>	24.0	0.2

(2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

a. 荷重の種類

輪谷貯水槽（東側）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(a) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(b) 積載荷重（P）

積載荷重として、土圧、水圧及び積雪荷重 $P_s$ を考慮する。

(c) 積雪荷重（ $P_s$ ）

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに $20\text{N/m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(d) 風荷重（ $P_k$ ）

風荷重については、設計基準風速を30m/sとし、建築基準法に基づき算定する。

(e) 地震荷重（ $S_s$ ）

基準地震動 $S_s$ による荷重を考慮する。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せを表3.3-4に示す。

表 3.3-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（ $S_s$ ）	$G + P + P_k + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重（積雪荷重 $P_s$ を含む。）

$P_k$  : 風荷重

$S_s$  : 地震荷重（基準地震動 $S_s$ ）

## (3) 許容限界

## a. 輪谷貯水槽（東側）の健全性に対する許容限界

## (a) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

輪谷貯水槽（東側）の曲げ・軸力系の破壊に対する評価のうち構造物全体としての安定性確保の評価としては、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）」に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%）を許容限界とする。また、溢水影響評価の観点から、地上の側壁部については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す貯水機能を有することの確認として、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき、コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋ひずみについて、部材降伏に相当する限界ひずみ（コンクリート：2000 $\mu$ ，主鉄筋：1175 $\mu$ ）を許容限界とした確認を併せて実施する。

## (b) せん断破壊に対する許容限界

輪谷貯水槽（東側）のせん断破壊に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2007年制定）」に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

## b. 基礎地盤の健全性に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、基礎地盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3.3-5 に示す。

表 3.3-5 輪谷貯水槽（東側）の許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度	埋戻土	1.2

### 3.3.4 評価結果

#### (1) 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の健全性に対する照査結果の最大照査値を表 3.3-6～表 3.3-13 に示す。

表 3.3-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

(構造物全体としての安定性確保)

地震動		照査用ひずみ $\varepsilon_d^*(\mu)$	照査ひずみ $\varepsilon_R(\mu)$	照査値 $\varepsilon_d/\varepsilon_R$
S <sub>s</sub> -N1	++	525	10000	0.06

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.3-7 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

(構造物全体としての安定性確保)

地震動		照査用ひずみ $\varepsilon_d^*(\mu)$	照査ひずみ $\varepsilon_R(\mu)$	照査値 $\varepsilon_d/\varepsilon_R$
S <sub>s</sub> -D	++	908	10000	0.10

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.3-8 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面, コンクリート)

(溢水影響の確認)

地震動		照査用ひずみ $\varepsilon_d^*(\mu)$	照査ひずみ $\varepsilon_R(\mu)$	照査値 $\varepsilon_d/\varepsilon_R$
S <sub>s</sub> -N1	++	2	2000	0.01

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.3-9 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面, 主筋) (溢水影響の確認)

地震動		照査用ひずみ $\varepsilon_d^*(\mu)$	照査ひずみ $\varepsilon_R(\mu)$	照査値 $\varepsilon_d/\varepsilon_R$
S <sub>s</sub> -N1	++	2	1175	0.01

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.3-10 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面, コンクリート)

(溢水影響の確認)

地震動		照査用ひずみ $\varepsilon_d^*(\mu)$	照査ひずみ $\varepsilon_R(\mu)$	照査値 $\varepsilon_d/\varepsilon_R$
S <sub>s</sub> -N1	++	4	2000	0.01

注記\* : 照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ × 構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.3-11 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面, 主筋) (溢水影響の確認)

地震動		照査用ひずみ $\epsilon_d^*(\mu)$	照査ひずみ $\epsilon_R(\mu)$	照査値 $\epsilon_d/\epsilon_R$
S <sub>s</sub> -D	++	4	1175	0.01

注記\* : 照査用ひずみ  $\epsilon_d =$  発生ひずみ  $\times$  構造解析係数  $\gamma_a$  (1.2)

表 3.3-12 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

地震動		評価位置* <sup>1</sup>		照査用 せん断力 $V_d^{*2}$ (kN)	せん断 耐力 $V_{yd}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{yd}$
		S <sub>s</sub> -D	++	側壁	1	242 [-] <sup>*3</sup>
底版	3			35 [-] <sup>*3</sup>	27 [-] <sup>*3</sup>	1.31 [0.36] <sup>*3</sup>

注記\*1 : 評価位置は図 3.3-10 に示す。

\*2 : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $\times$  構造解析係数  $\gamma_a$  (1.05)

\*3 : 線形被害則による照査結果



図 3.3-10 評価位置図 (A-A断面)

表 3.3-13 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

地震動		評価位置*1			照査用 せん断力 $V_d^{*2}$ (kN)	せん断 耐力 $V_{yd}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{yd}$
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	西側	側壁	1	285 [-]*3	239 [-]*3	1.20 [0.68]*3
			底版	3	26 [-]*3	0 [-]*3	- [0.32]*3
		東側	側壁	5	332 [-]*3	245 [-]*3	1.36 [0.72]*3
			底版	6	244 [-]*3	210 [-]*3	1.17 [0.58]*3

注記\*1：評価位置は図 3.3-11 に示す。

\*2：照査用せん断力  $V_d = \text{発生せん断力} \times \text{構造解析係数 } \gamma_a (1.05)$

\*3：線形被害則による照査結果

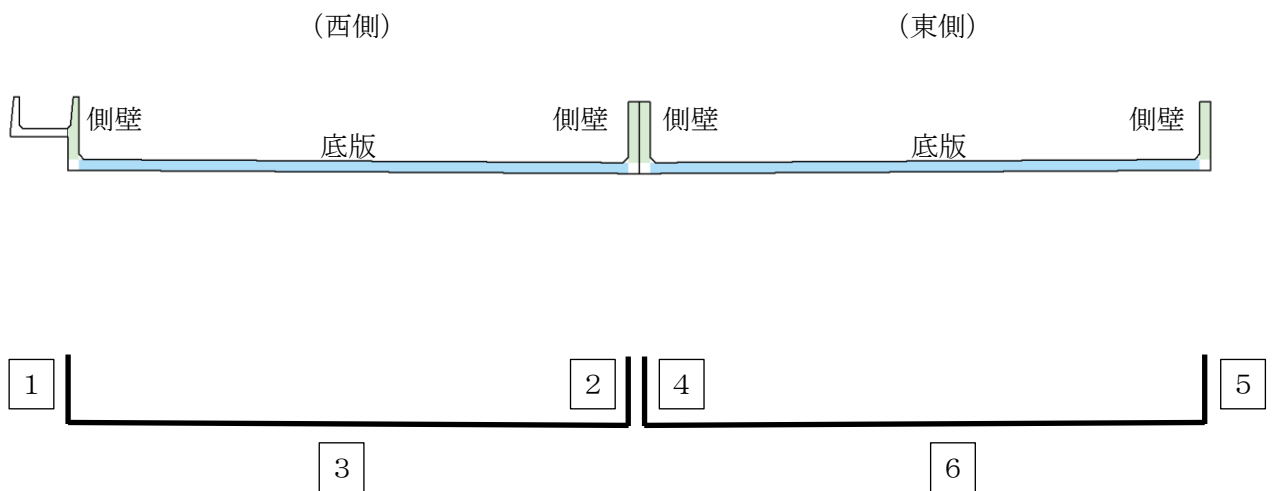


図 3.3-11 評価位置図 (B-B断面)

(2) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果の最大照査値を表 3.3-14, 表 3.3-15 に示す。

表 3.3-14 支持性能に対する最大照査値 (A-A断面)

地震動	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -F 1 (++)	0.61	1.2	0.52

表 3.3-15 支持性能に対する最大照査値 (B-B断面)

地震動	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -D (++)	0.67	1.2	0.56

## VI-2-別添 2-3 通水扉の耐震性についての計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格・基準等	5
2.5 記号の説明	6
3. 固有周期	8
3.1 固有周期の計算方法	8
3.1.1 水平方向（面外）	8
3.1.2 水平方向（面内）及び鉛直方向	9
3.2 固有周期の計算条件	9
3.3 固有周期の計算結果	9
4. 構造強度評価	10
4.1 評価部位	10
4.2 荷重及び荷重の組合せ	11
4.2.1 荷重の組合せ	11
4.2.2 荷重	11
4.3 許容限界	12
4.3.1 使用材料	12
4.3.2 許容限界	12
4.4 計算方法	13
4.5 計算条件	24
5. 評価結果	26

## 1. 概要

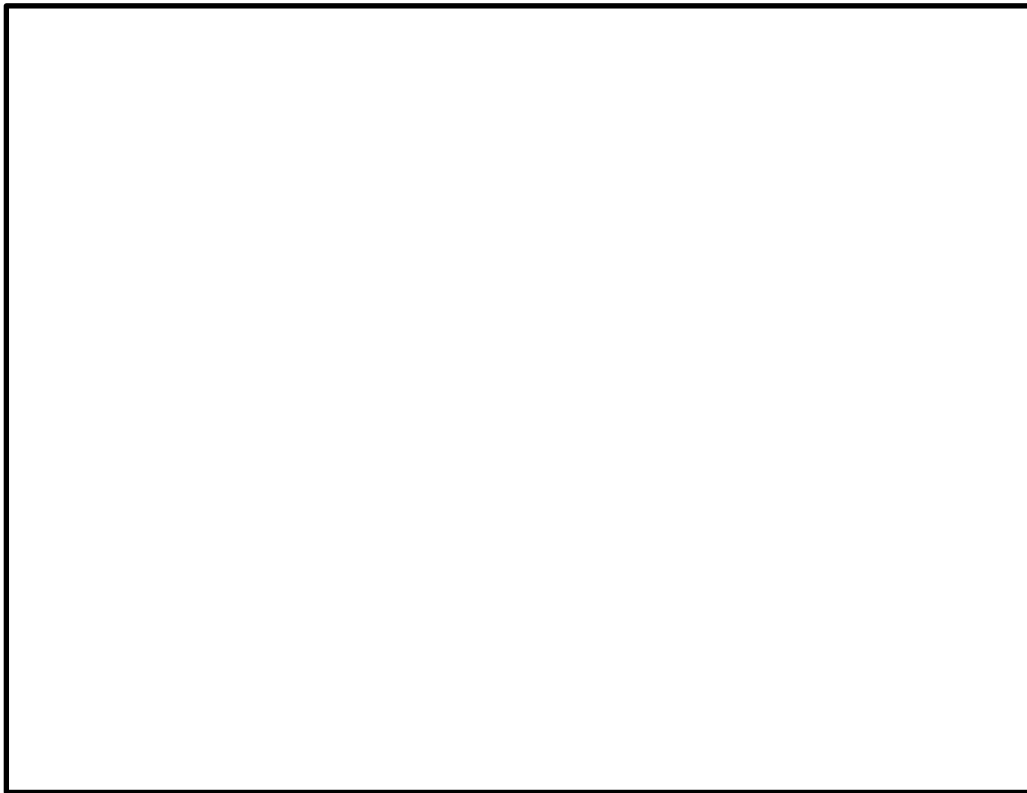
本資料は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」に示すとおり、溢水の排水を目的として、通水扉が、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して排水機能を維持するために十分な構造強度を有していることを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

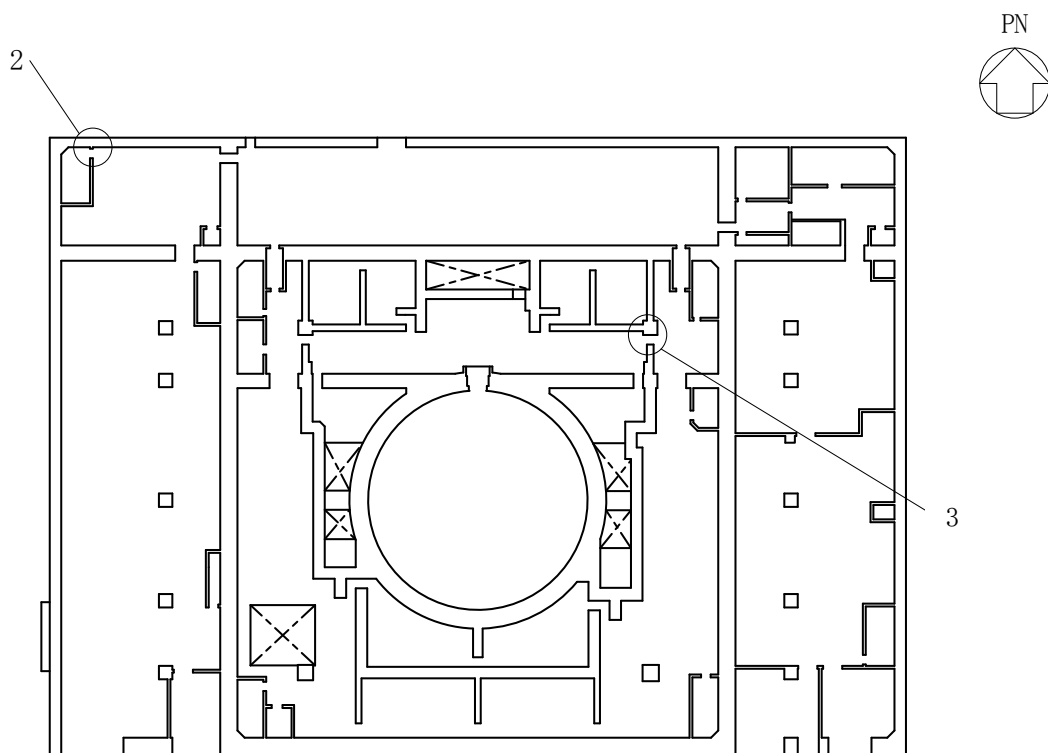
通水扉は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」に示すとおり、原子炉建物に設置する。

通水扉の設置位置を図 2-1 に示す。



1	原子炉建物 1階 I-RW ポンプ熱交換器室北西階段通水扉
---	-------------------------------

図 2-1(1) 通水扉の設置位置図 (原子炉建物 EL 15300)



2	原子炉建物 2階 RCW バルブ室西側通水扉
3	原子炉建物 2階 SRV 補修室東側通水扉

図 2-1(2) 通水扉の設置位置図 (原子炉建物 EL 23800)

## 2.2 構造計画

通水扉の構造計画を表 2-1, 概略構造図を図 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要	
支持構造	主体構造
通水扉は、丁番により扉枠に固定することで建物構造体と一体となった扉枠により支持される構造とする。内蔵する小扉フラップ（以下「小扉」という。）は、丁番により通水扉に固定することで通水扉により支持される構造とする。	通水扉は、小扉を内蔵した開き戸形式の鋼製扉とし、通水扉と支持構造である扉枠とを丁番により接合することで一体化させる構造とする。内蔵する小扉は開き戸形式の鋼製扉とし、丁番により通水扉に接合することで一体化させる構造とする。

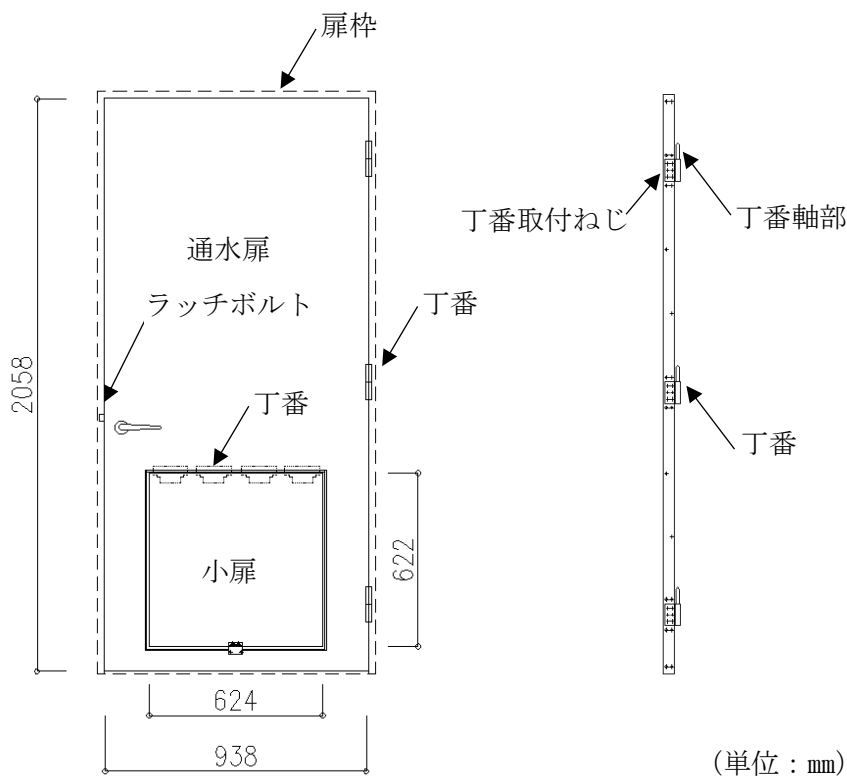


図 2-2 概略構造図

### 2.3 評価方針

通水扉の耐震評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき「2.2 構造計画」にて示す通水扉の部位を踏まえ、「4.1 評価部位」にて設定する部位において、設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

通水扉の耐震評価は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

なお、図 2-1 で示すように、原子炉建物内には通水扉が 3 箇所あるが、通水扉は全て同一材料を使用した同一構造の扉であることから、地震力が最も大きい通水扉の地震力を用いて評価を実施する。

通水扉の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

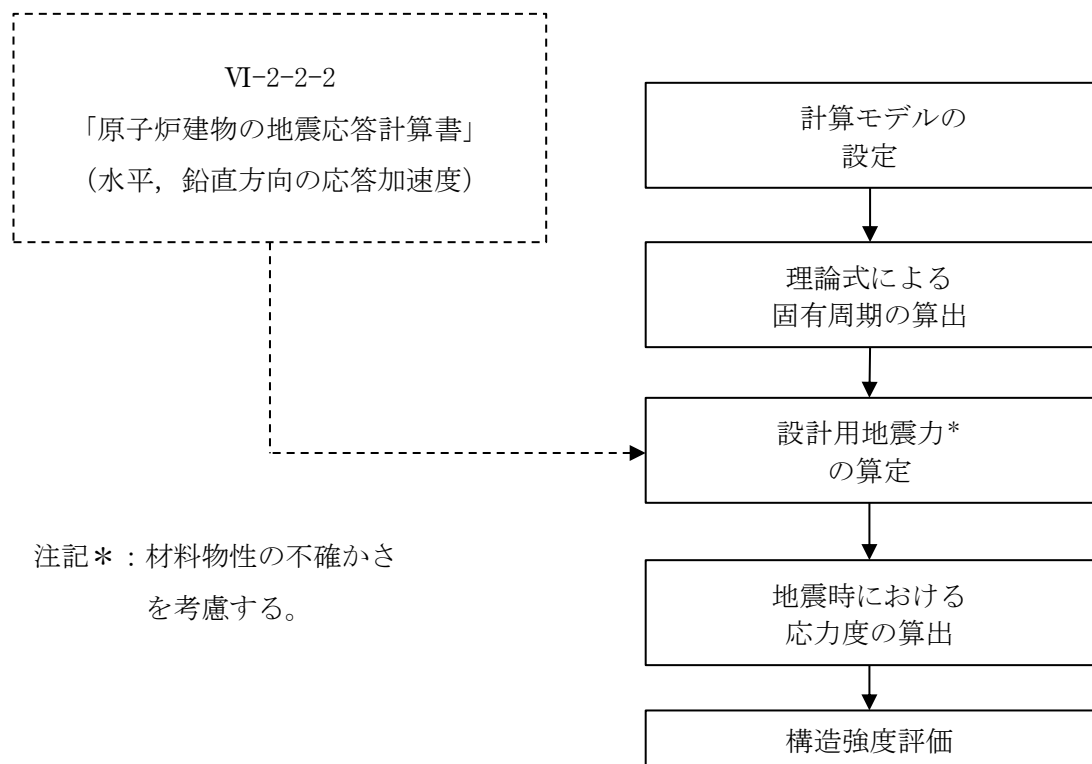


図 2-3 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会，2005 年改定）
- (3) J I S G 4 3 0 3－2012 ステンレス鋼棒
- (4) J I S B 1 0 5 4－1－2013 耐食ステンレス鋼製締結用部品の機械的性質
- (5) 構造力学公式集（(社) 土木学会）

2.5 記号の説明

通水扉の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2(1) 通水扉の耐震評価に用いる記号

項目	記号	定義	単位	
共通	E	ヤング係数	N/m <sup>2</sup>	
	F <sub>H</sub>	水平地震力	N	
	F <sub>V</sub>	鉛直地震力	N	
	T	固有周期	s	
	f	通水扉及び小扉の 1 次固有振動数	Hz	
	I	断面二次モーメント	m <sup>4</sup>	
	ℓ	芯材の長さ	m	
	m	質量分布	kg/m	
	C <sub>H</sub>	水平震度	—	
	C <sub>V</sub>	鉛直震度	—	
	W <sub>x</sub>	扉体自重	N	
丁番	共通	L <sub>j</sub>	丁番中心間距離	mm
		L <sub>r</sub>	扉体重心～丁番芯間距離（扉体幅方向）	mm
		R <sub>r</sub>	扉体幅方向自重反力	N
	丁番軸部	A <sub>1</sub>	丁番軸部の断面積	mm <sup>2</sup>
		Q <sub>1</sub>	丁番軸部のせん断力	N
		τ <sub>1</sub>	丁番軸部のせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
	丁番羽根	t <sub>2</sub>	丁番羽根の厚さ	mm
		L <sub>2</sub>	丁番羽根の長さ	mm
		A <sub>2</sub>	丁番羽根の断面積	mm <sup>2</sup>
		T <sub>2</sub>	丁番羽根の引張力	N
		σ <sub>t2</sub>	丁番羽根の引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
		Q <sub>2</sub>	丁番羽根のせん断力	N
		τ <sub>2</sub>	丁番羽根のせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
	丁番取付 ねじ	n <sub>3</sub>	丁番取付ねじの本数	本
		A <sub>3</sub>	丁番取付ねじの断面積	mm <sup>2</sup>
		T <sub>3</sub>	丁番取付ねじの引張力	N
		σ <sub>t3</sub>	丁番取付ねじの引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
		Q <sub>3</sub>	丁番取付ねじのせん断力	N
		τ <sub>3</sub>	丁番取付ねじのせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>

表 2-2(2) 通水扉の耐震評価に用いる記号

項目	記号	定義	単位
ラッチボルト	$A_4$	ラッチボルトの断面積	$\text{mm}^2$
	$Q_4$	ラッチボルトのせん断力	N
	$\tau_4$	ラッチボルトのせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$

表 2-2(3) 小扉の耐震評価に用いる記号

項目	記号	定義	単位	
共通	$F_H$	水平地震力	N	
	$F_V$	鉛直地震力	N	
	$C_H$	水平震度	—	
	$C_V$	鉛直震度	—	
	$W_X$	扉体自重	N	
丁番	共通	$L_j$	丁番中心間距離	mm
		$L_r$	扉体重心～丁番芯間距離（扉体高さ方向）	mm
		$R_r$	扉体高さ方向自重反力	N
	丁番芯棒	$A_5$	丁番芯棒の断面積	$\text{mm}^2$
		$Q_5$	丁番芯棒のせん断力	N
		$\tau_5$	丁番芯棒のせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
	丁番羽根	$t_6$	丁番羽根の厚さ	mm
		$L_6$	丁番羽根の長さ	mm
		$A_6$	丁番羽根の断面積	$\text{mm}^2$
		$T_6$	丁番羽根の引張力	N
		$\sigma_{t6}$	丁番羽根の引張応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$Q_6$	丁番羽根のせん断力	N
		$\tau_6$	丁番羽根のせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
	丁番取付ねじ	$n_7$	丁番取付ねじの本数	本
		$A_7$	丁番取付ねじの断面積	$\text{mm}^2$
		$T_7$	丁番取付ねじの引張力	N
		$\sigma_{t7}$	丁番取付ねじの引張応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$Q_7$	丁番取付ねじのせん断力	N
		$\tau_7$	丁番取付ねじのせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$



### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の計算方法

固有周期は、扉閉止時及び扉開放時について、図 3-1 及び図 3-2 に示すはりモデルとして、「構造力学公式集（（社）土木学会）」に基づき計算する。

通水扉及び小扉は片側を丁番で、片側をラッチボルト又は小扉固定部材で固定される構造であることから、扉閉止時は、両側ヒンジのはりとしてモデル化する。扉開放時は、片側ヒンジ、片側自由端のはりとしてモデル化する。また、モデル化に用いる芯材の長さは扉幅又は扉高さとする。

##### 3.1.1 水平方向（面外）

###### (1) 扉閉止時

扉閉止時の水平方向の固有周期は、図 3-1 に示す固有値計算モデルにより、扉体面外方向について算出する。

開き戸形式

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi\ell^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

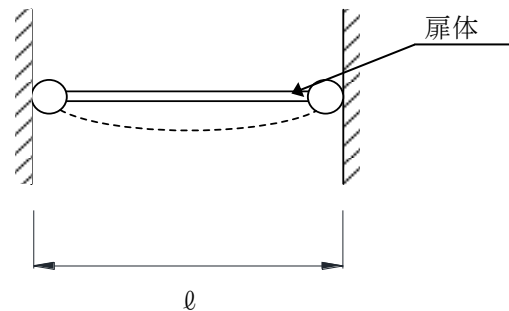


図 3-1 固有値計算モデル（扉閉止時）

###### (2) 扉開放時

扉開放時の水平方向の固有周期は、図 3-2 に示す固有値計算モデルにより、扉体面外方向について算出する。

開き戸形式

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{3.9266^2}{2\pi\ell^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

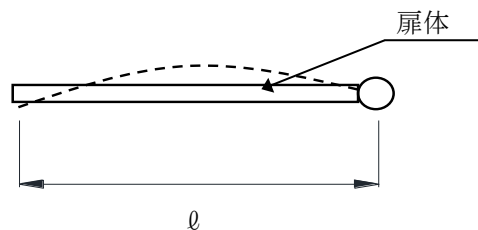


図 3-2 固有値計算モデル（扉開放時）

### 3.1.2 水平方向（面内）及び鉛直方向

水平方向（面内）及び鉛直方向については、扉に配された水平方向及び鉛直方向の芯材等の軸剛性が、「3.1.1 水平方向（面外）」で検討した面外方向の剛性に比べて十分に大きいことから、固有周期の計算を省略する。

### 3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1(1) 通水扉の固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値
モデル化に用いる芯材の長さ	$\ell$	m	0.938
ヤング係数	E	N/m <sup>2</sup>	$2.05 \times 10^{11}$
断面二次モーメント	I	m <sup>4</sup>	$2.6429 \times 10^{-8}$
質量分布	m	kg/m	32.0

表 3-1(2) 小扉の固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値
モデル化に用いる芯材の長さ	$\ell$	m	0.622
ヤング係数	E	N/m <sup>2</sup>	$2.05 \times 10^{11}$
断面二次モーメント	I	m <sup>4</sup>	$0.5621 \times 10^{-8}$
質量分布	m	kg/m	5.0

### 3.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。計算結果より、剛構造であることを確認した。

表 3-2 固有周期の計算結果

部位	扉の開閉状況	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
通水扉	閉止時	23.230	0.043
	開放時	36.290	0.028
小扉	閉止時	61.636	0.016
	開放時	96.288	0.010

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 評価部位

通水扉（小扉を含む）の評価対象部位は、「2.2 構造計画」に示す通水扉の構造を踏まえ、通水扉に作用する荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し設定する。

通水扉に生じる地震力は、丁番及びラッチボルトから建物構造体と一体となった扉枠に、小扉に生じる地震力は、丁番から通水扉に伝達しているため、評価部位をそれぞれの丁番及びラッチボルトとする。なお、小扉固定部材は、固定力が小さく地震時の小扉の固定を期待しないことから構造強度の評価対象としない。

通水扉の地震荷重の作用イメージと評価部位を図 4-1 に示す。

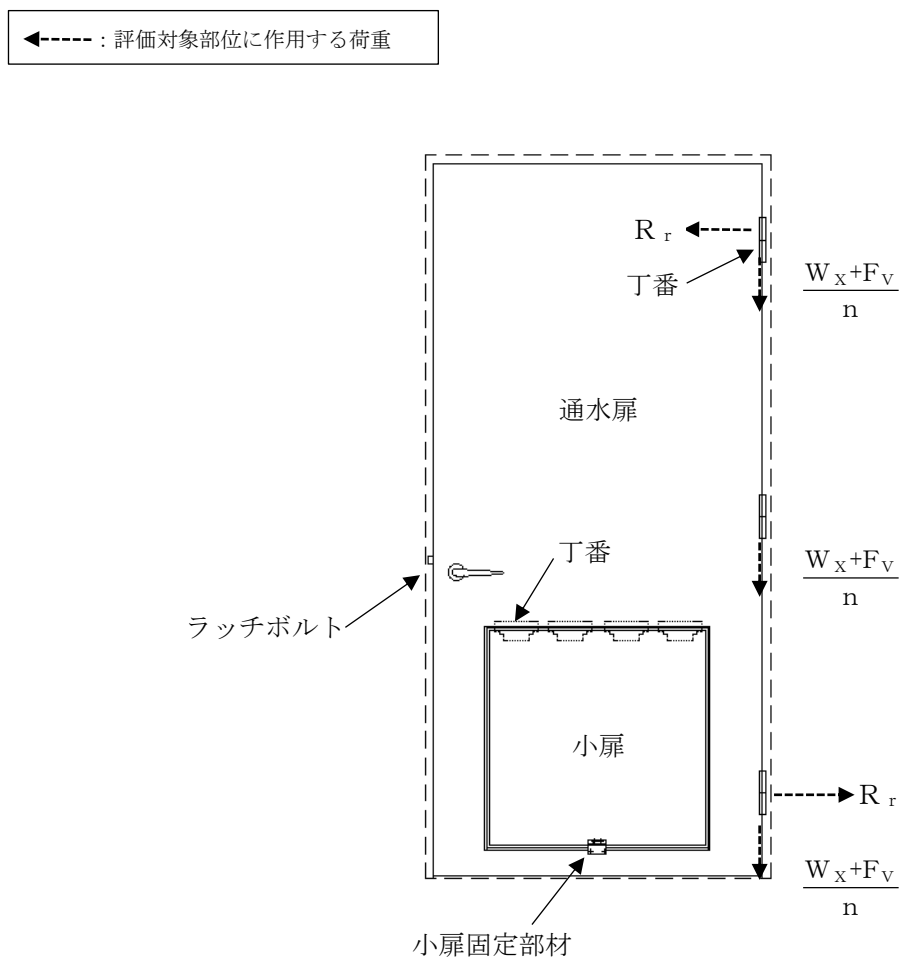


図 4-1 地震荷重の作用イメージと評価部位

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

### 4.2.1 荷重の組合せ

通水扉の耐震評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + S_s$$

G : 固定荷重(kN)

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$ による地震力(kN)

### 4.2.2 荷重

#### (1) 固定荷重 (G)

通水扉の固定荷重を表 4-1 に示す。

表 4-1 固定荷重

固定荷重(kN)
0.770

注：固定荷重 0.770(kN)には小扉重量 0.115(kN)を含む。

#### (2) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$ による荷重は、表 4-2 で示した各扉の設計震度のうち最も大きい値を用いて、次式により算定する。耐震評価に用いる震度は、材料物性の不確かさを考慮したもものとしてVI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」によることとし、設置階及びその上階の値のうち大きい方とする。また、水平方向はNS方向とEW方向のうち大きい方とする。

$$S_s = G \cdot K$$

ここで、 $S_s$  : 基準地震動  $S_s$ による地震力(kN)

G : 固定荷重(kN)

K : 設計震度

表 4-2 設計震度

通水扉名称	設置場所 (mm)	設計震度	
		水平方向	鉛直方向
I-RCW ポンプ熱交換器室北西階段通水扉	EL 15300	1.02	1.28
RCW バルブ室西側通水扉	EL 23800	1.46*	1.44*
SRV 補修室東側通水扉			

注記\*：評価に用いる設計震度

#### 4.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

##### 4.3.1 使用材料

通水扉を構成する丁番及びラッチボルトの使用材料を表 4-3 に示す。

表 4-3 使用材料

部位		材質	仕様
丁番	丁番軸部	SUS304	φ 12
	丁番羽根	SUS304	T=4
	丁番取付ねじ	SUSXM7	M5
ラッチボルト		SUS304	16×22
丁番（小扉）	丁番芯棒	SUS304	φ 6
	丁番羽根	SUS304	T=2
	丁番取付ねじ	SUSXM7	M4

##### 4.3.2 許容限界

丁番及びラッチボルトを構成する部材の許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005 年改定）」（以下「S規準」という。）に準じて設定する。各部材の許容限界を表 4-4 に示す。

表 4-4 丁番及びラッチボルトの許容限界

材質	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		
	曲げ	引張	せん断
SUS304	205	205	118
SUSXM7	175	175	101

注：許容応力度を決定する場合の基準値Fは日本産業規格（J I S）に基づく。

#### 4.4 計算方法

通水扉の耐震評価は、地震により生じる応力度が、「4.3 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

##### (1) 荷重計算方法

###### a. 丁番（通水扉）

丁番は、丁番軸部、丁番羽根及び丁番取付ねじで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する応力度を算定する。丁番に生じる荷重を図4-2に示す。

$$F_H = W_X \cdot C_H$$

$$F_V = W_X \cdot C_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

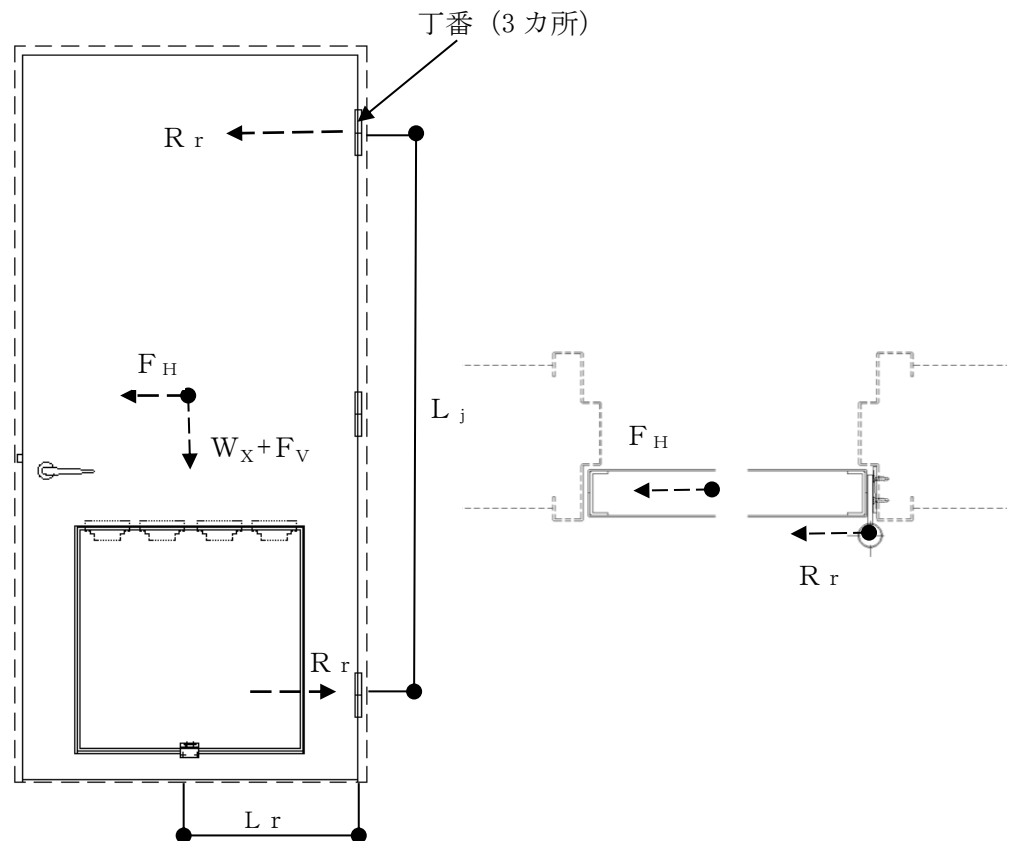


図4-2 丁番に生じる荷重

## (a) 丁番軸部

丁番軸部は、せん断応力度について評価する。図 4-3 に丁番軸部に生じる荷重を示す。丁番軸部に生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_1 = R_r + \frac{F_H}{3}$$

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

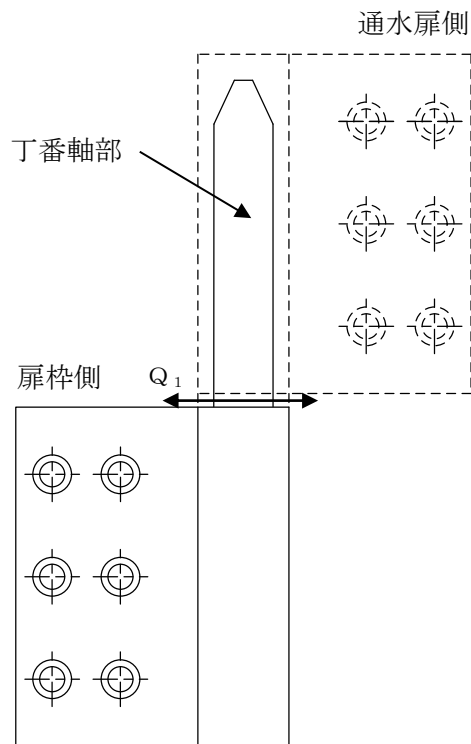


図 4-3 丁番軸部に生じる荷重

(b) 丁番羽根

丁番羽根は、引張応力度及びせん断応力度について評価する。図 4-4 に丁番羽根に生じる荷重を示す。丁番羽根に生じる引張力及び引張応力度、せん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$T_2 = R_r + \frac{F_H}{3}$$

$$\sigma_{t2} = \frac{T_2}{A_2}$$

$$Q_2 = \frac{W_x + F_v}{3}$$

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

$$A_2 = t_2 \cdot L_2$$

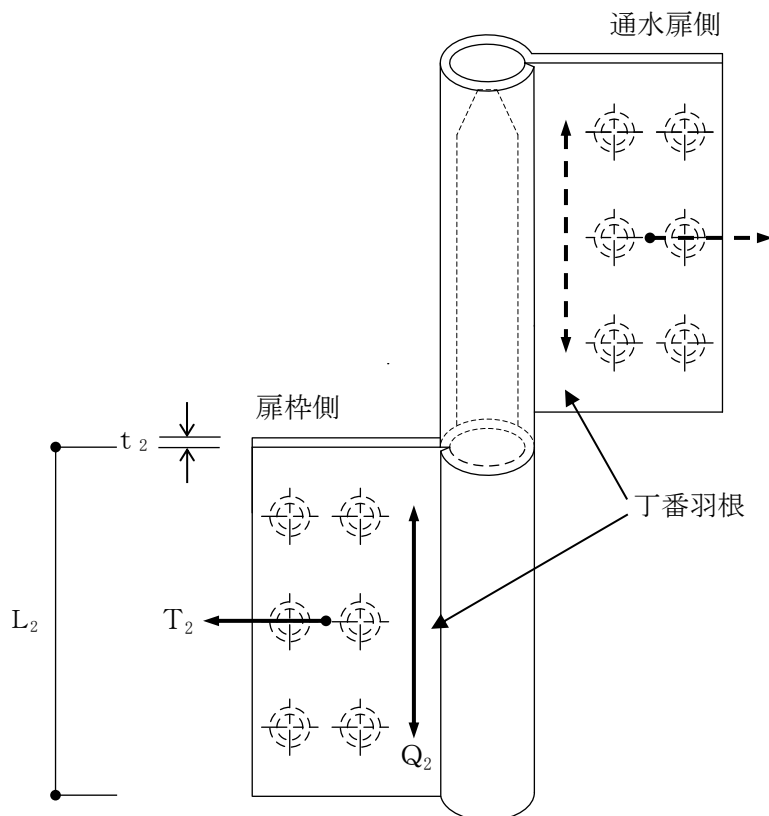


図 4-4 丁番羽根に生じる荷重



## (c) 丁番取付ねじ

丁番取付ねじは、引張応力度及びせん断応力度について評価する。丁番取付ねじに生じる荷重は、扉の開閉状態や地震方向によって引張力として作用したり、せん断力として作用したりすることから次式により算定する。なお、45°や 135°等の上記以外の開放状況下においては、丁番取付ねじに生じる引張力とせん断力はそれぞれ 90°開放時の引張力、180°開放時のせん断力に包絡されるため、開放状況は 90°と 180°を想定するものとする。図 4-5 に丁番取付ねじに生じる荷重を示す。

$$T_3 = R_r + \frac{F_H}{3}$$

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_3 \cdot A_3}$$

$$Q_3 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{3}\right)^2 + \left(\frac{W_X + F_V}{3}\right)^2}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_3 \cdot A_3}$$

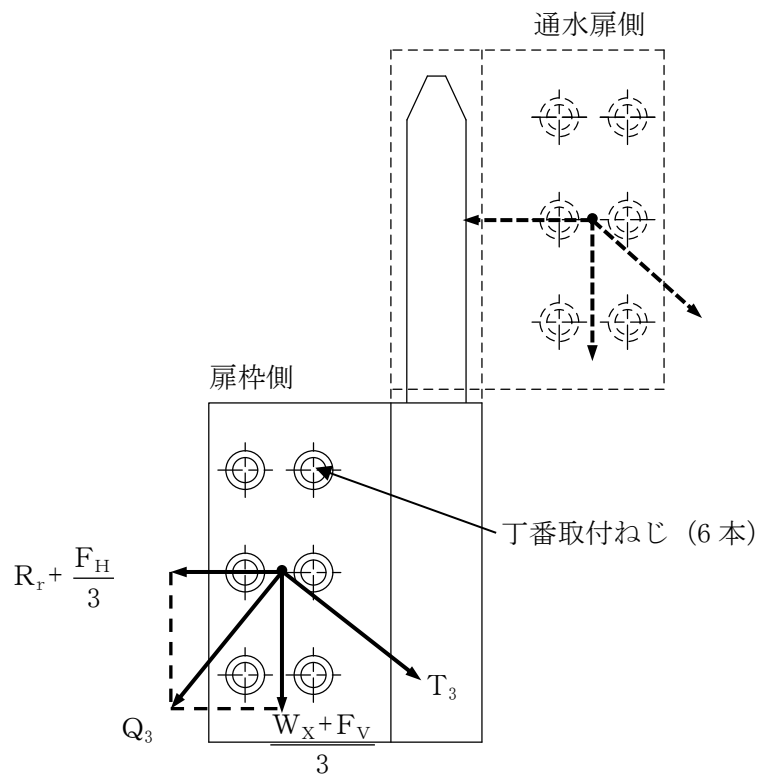


図 4-5 丁番取付ねじに生じる荷重

## b. ラッチボルト

ラッチボルトは、次式により算定する水平地震力から、部材に発生する応力度を算定する。ラッチボルトに生じる荷重を図4-6に示す。

$$Q_4 = F_H$$

$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

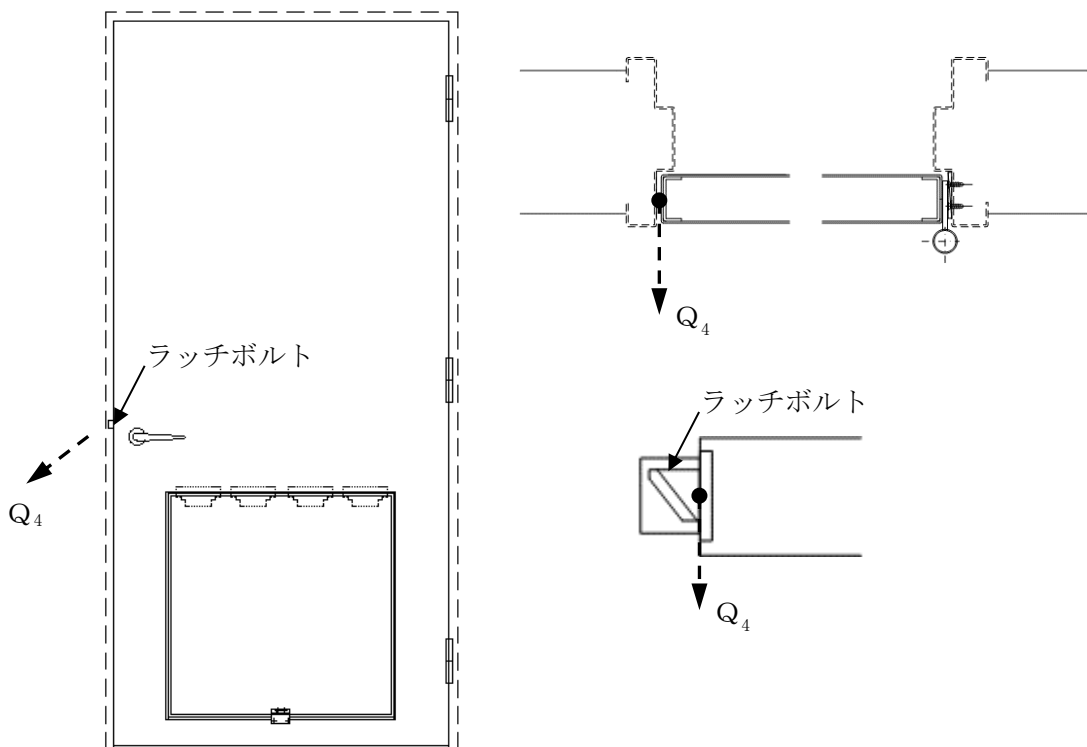


図4-6 ラッチボルトに生じる荷重

c. 丁番（小扉）

丁番は、丁番芯棒、丁番羽根及び丁番取付ねじで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する応力度を算定する。丁番（小扉）に生じる荷重を図4-7に示す。

$$F_H = W_X \cdot C_H$$

$$F_V = W_X \cdot C_V$$

$$R_r = F_H \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

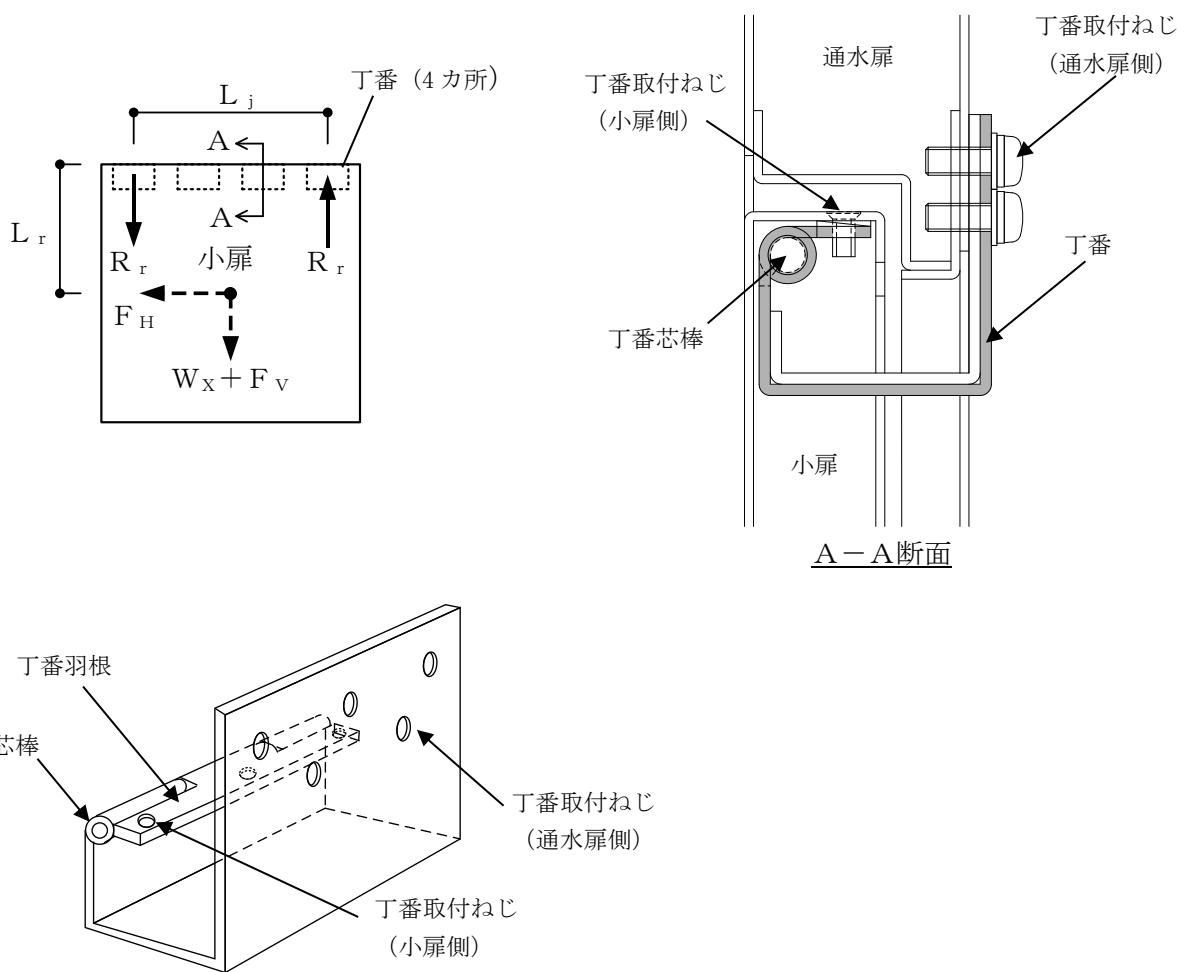


図4-7 丁番（小扉）に生じる荷重

## (a) 丁番芯棒

丁番芯棒は、せん断応力度について評価する。図 4-8 に丁番芯棒に生じる荷重を示す。丁番芯棒に生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_5 = R_r + \frac{W_x + F_v}{4}$$

$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$

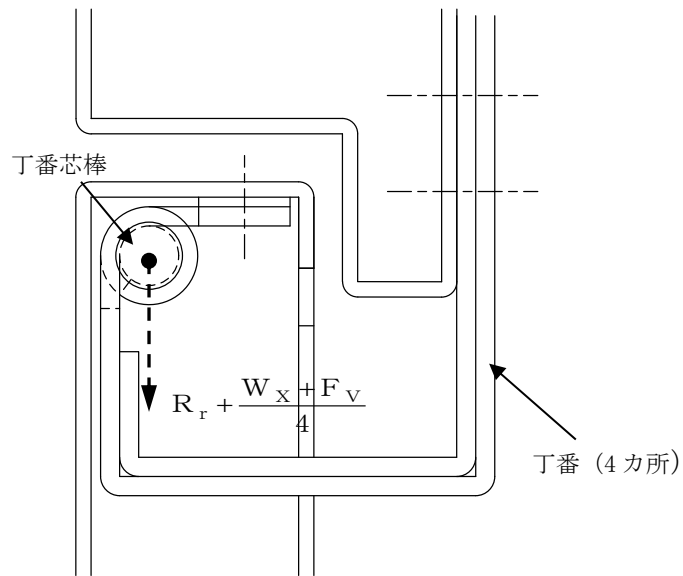


図 4-8 丁番芯棒に生じる荷重

## (b) 丁番羽根

丁番羽根は断面積の小さい通水扉側を対象として、引張応力度及びせん断応力度について評価する。図 4-9 に丁番羽根に生じる荷重を示す。丁番羽根に生じる引張力及び引張応力度、せん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

丁番羽根に生じる引張力とせん断力は、90°開放時の引張力とせん断力に包絡されるため、開放状況は 90°を想定するものとする。

$$T_6 = \frac{W_x + F_v}{4}$$

$$\sigma_{t6} = \frac{T_6}{A_6}$$

$$Q_6 = \frac{F_H}{4}$$

$$\tau_6 = \frac{Q_6}{A_6}$$

$$A_6 = t_6 \cdot L_6$$

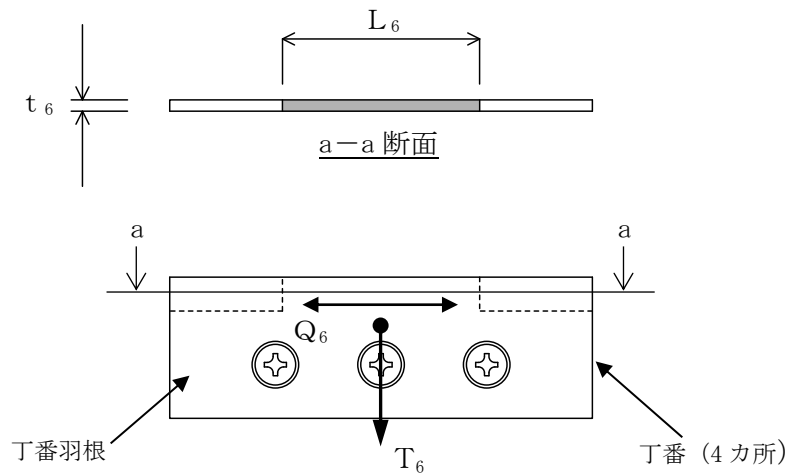


図 4-9 丁番羽根に生じる荷重

## (c) 丁番取付ねじ

丁番取付ねじは、軸径が小さく本数の少ない小扉側を対象として、引張応力度及びせん断応力度について評価する。図4-10に丁番取付ねじに生じる荷重を示す。丁番ねじに生じる引張力及び引張応力度、せん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

丁番取付ねじに生じる引張力とせん断力は、90°開放時の引張力とせん断力に包絡されるため、開放状況は90°を想定するものとする。

$$T_7 = R_r + \frac{F_H}{4}$$

$$\sigma_{t7} = \frac{T_7}{n_7 \cdot A_7}$$

$$Q_7 = \sqrt{\left(\frac{F_H}{4}\right)^2 + \left(\frac{W_X + F_V}{4}\right)^2}$$

$$\tau_7 = \frac{Q_7}{n_7 \cdot A_7}$$

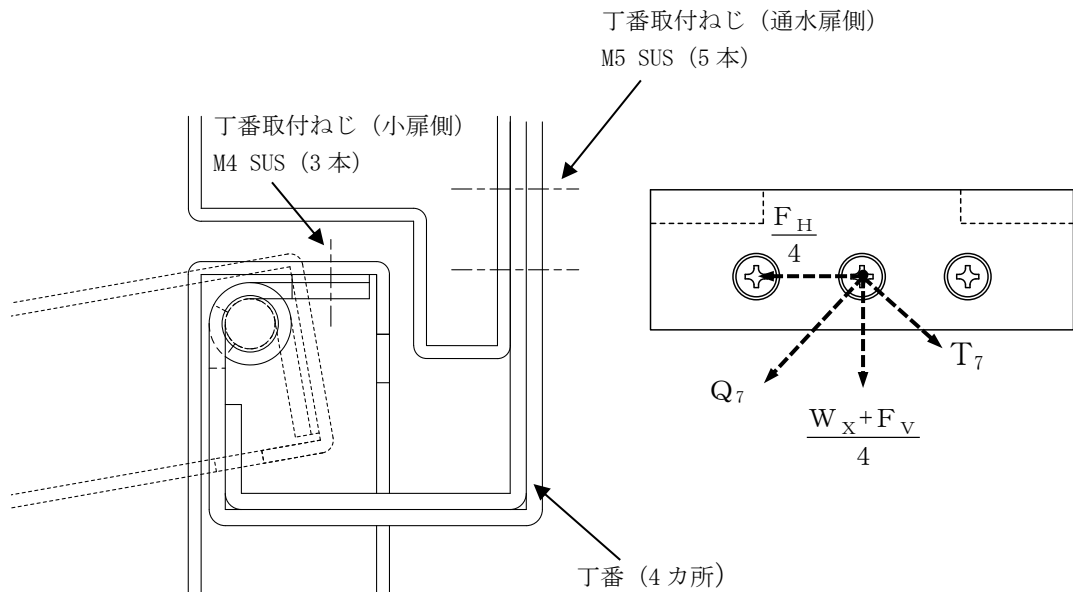


図4-10 丁番取付ねじに生じる荷重

(2) 応力の評価

各部材に生じる応力度等が，許容限界以下であることを確認する。

a. 丁番（通水扉）

(a) 丁番軸部

丁番軸部に生じるせん断応力度を次式により算定し，丁番軸部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

(b) 丁番羽根

丁番羽根に生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し，丁番羽根に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t2} = \frac{T_2}{A_2}$$

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

(c) 丁番取付ねじ

丁番取付ねじに生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し，丁番取付ねじの許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_3 \cdot A_3}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_3 \cdot A_3}$$

b. ラッチボルト

ラッチボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し，ラッチボルトに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

c. 丁番（小扉）

(a) 丁番芯棒

丁番芯棒に生じるせん断応力度を次式により算定し、丁番芯棒に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$

(b) 丁番羽根

丁番羽根に生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し、丁番羽根に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t6} = \frac{T_6}{A_6}$$

$$\tau_6 = \frac{Q_6}{A_6}$$

(c) 丁番取付ねじ

丁番取付ねじに生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し、丁番取付ねじの許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t7} = \frac{T_7}{n_7 \cdot A_7}$$

$$\tau_7 = \frac{Q_7}{n_7 \cdot A_7}$$



#### 4.5 計算条件

「4.4 計算方法」に用いる計算条件を表 4-5 に示す。

表 4-5(1) 通水扉の耐震評価に用いる計算条件

項目	記号	単位	定義	数値	
共通	$F_H$	N	水平地震力	1124.2	
	$F_V$	N	鉛直地震力	1108.8	
	$C_H$	—	水平震度	1.46	
	$C_V$	—	鉛直震度	1.44	
	$W_x$	N	扉体自重	770	
丁番	共通	$L_j$	mm	丁番中心間距離	1598
		$L_r$	mm	扉体重心～丁番芯間距離（扉体幅方向）	469
		$R_r$	N	扉体幅方向自重反力	551.4
	丁番軸部	$A_1$	mm <sup>2</sup>	丁番軸部の断面積	113.09
		$Q_1$	N	丁番軸部のせん断力	926.1
	丁番羽根	$t_2$	mm	丁番羽根の厚さ	4
		$L_2$	mm	丁番羽根の長さ	74.5
		$A_2$	mm <sup>2</sup>	丁番羽根の断面積	298
		$T_2$	N	丁番羽根の引張力	926.1
		$Q_2$	N	丁番羽根のせん断力	626.3
		丁番取付ねじ	$n_3$	本	丁番取付ねじの本数
	$A_3$		mm <sup>2</sup>	丁番取付ねじの断面積	14.2
	$T_3$		N	丁番取付ねじの引張力	926.1
	$Q_3$		N	丁番取付ねじのせん断力	1118.0
	ラッチボルト	$A_4$	mm <sup>2</sup>	ラッチボルトの断面積	352
		$Q_4$	N	ラッチボルトのせん断力	1124.2

表 4-5(2) 小扉の耐震評価に用いる計算条件

項目	記号	単位	定義	数値	
共通	$F_H$	N	水平地震力	167.9	
	$F_V$	N	鉛直地震力	165.6	
	$C_H$	—	水平震度	1.46	
	$C_V$	—	鉛直震度	1.44	
	$W_X$	N	扉体自重	115	
丁番	共通	$L_j$	mm	丁番中心間距離	474
		$L_r$	mm	扉体重心～丁番芯間距離（扉体高さ方向）	311
		$R_r$	N	扉体高さ方向自重反力	110.2
	丁番芯棒	$A_5$	mm <sup>2</sup>	丁番芯棒の断面積	28.27
		$Q_5$	N	丁番芯棒のせん断力	180.4
	丁番羽根	$t_6$	mm	丁番羽根の厚さ	2
		$L_6$	mm	丁番羽根の長さ	35
		$A_6$	mm <sup>2</sup>	丁番羽根の断面積	70
		$T_6$	N	丁番羽根の引張力	70.2
		$Q_6$	N	丁番羽根のせん断力	42.0
	丁番取付ねじ	$n_7$	本	丁番取付ねじの本数	3
		$A_7$	mm <sup>2</sup>	丁番取付ねじの断面積	8.78
		$T_7$	N	丁番取付ねじの引張力	152.2
		$Q_7$	N	丁番取付ねじのせん断力	81.7

5. 評価結果

通水扉の評価結果を表 5-1 に示す。発生値は許容限界を下回っており、設計用地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認した。

表 5-1(1) 通水扉の耐震評価結果 (単位：N/mm<sup>2</sup>)

評価部位		分類	発生値	許容限界	判定
丁番	丁番軸部	せん断	9	118	OK
	丁番羽根	引張	4	205	OK
		せん断	3	118	OK
	丁番取付ねじ	引張	11	175	OK
		せん断	14	101	OK
ラッチボルト		せん断	4	118	OK

表 5-1(2) 小扉の耐震評価結果 (単位：N/mm<sup>2</sup>)

評価部位		分類	発生値	許容限界	判定
丁番	丁番芯棒	せん断	7	118	OK
	丁番羽根	引張	2	205	OK
		せん断	1	118	OK
	丁番取付ねじ	引張	6	175	OK
		せん断	4	101	OK

VI-2-別添2-4 燃料プール冷却系弁の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図, 鳥瞰図及び構造計画	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
2.3 構造計画	12
3. 計算条件	14
3.1 計算方法	14
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	15
3.3 設計条件	16
3.4 材料及び許容応力	28
3.5 設計用地震力	29
4. 解析結果及び評価	30
4.1 固有周期及び設計震度	30
4.2 評価結果	42
4.2.1 管の応力評価結果	42
4.2.2 支持構造物評価結果	43
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	44
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	45

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に従い、溢水量低減を目的として、燃料プール冷却系弁が基準地震動  $S_s$  に対して十分に動的機能を維持していることを確認するものである。

燃料プール冷却系弁は、設計基準対象施設においてはBクラスの施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、燃料プール冷却系弁は、管と合わせて耐震評価を実施することから、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき評価を実施する。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

概略系統図に示す評価対象範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2弁を全2モデルの配管系として解析モデルを作成し、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

評価対象範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。



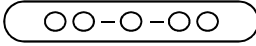
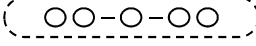

### (3) 弁

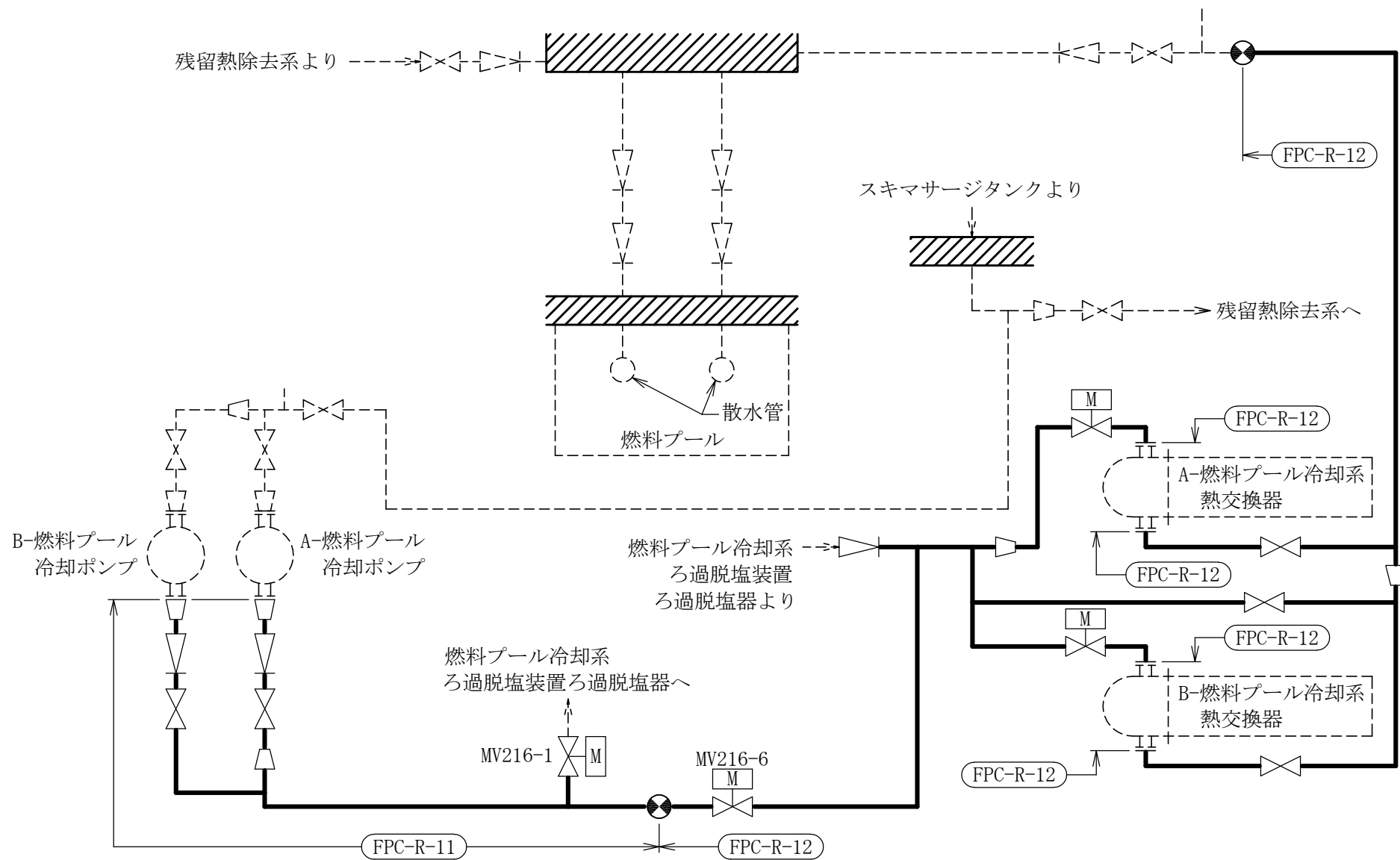
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図，鳥瞰図及び構造計画

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 $S_s$ による地震力に対して，十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（代表モデル）
	鳥瞰図番号（代表モデル以外）
	アンカ


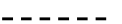


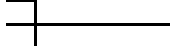
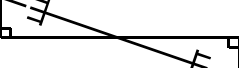

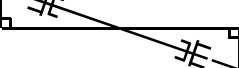

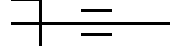
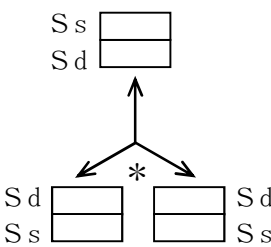



燃料プール冷却系概略系統図



2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント（斜め拘束の場合）
	スナップ
	スナップ（斜め拘束の場合）
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。なお、 $S_s$ 機能維持の範囲は $S_s$ 地震動による変位量のみを記載する。）  注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

5

鳥瞰図

FPC-R-11 (1/3)

9

鳥瞰図

FPC-R-11 (2/3)

7

鳥瞰図

FPC-R-11 (3/3)

∞

鳥瞰図

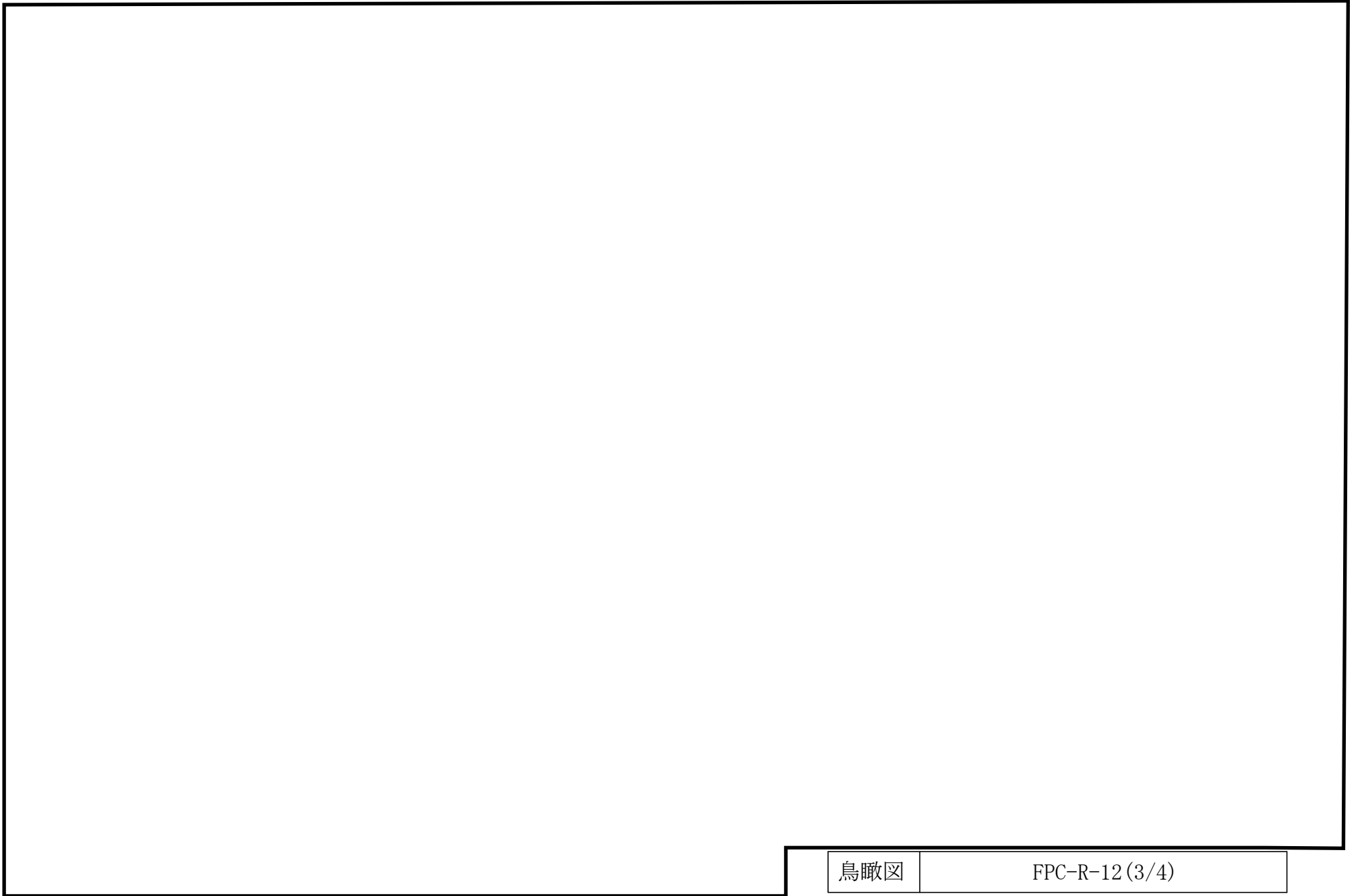
FPC-R-12(1/4)

6

鳥瞰図

FPC-R-12(2/4)

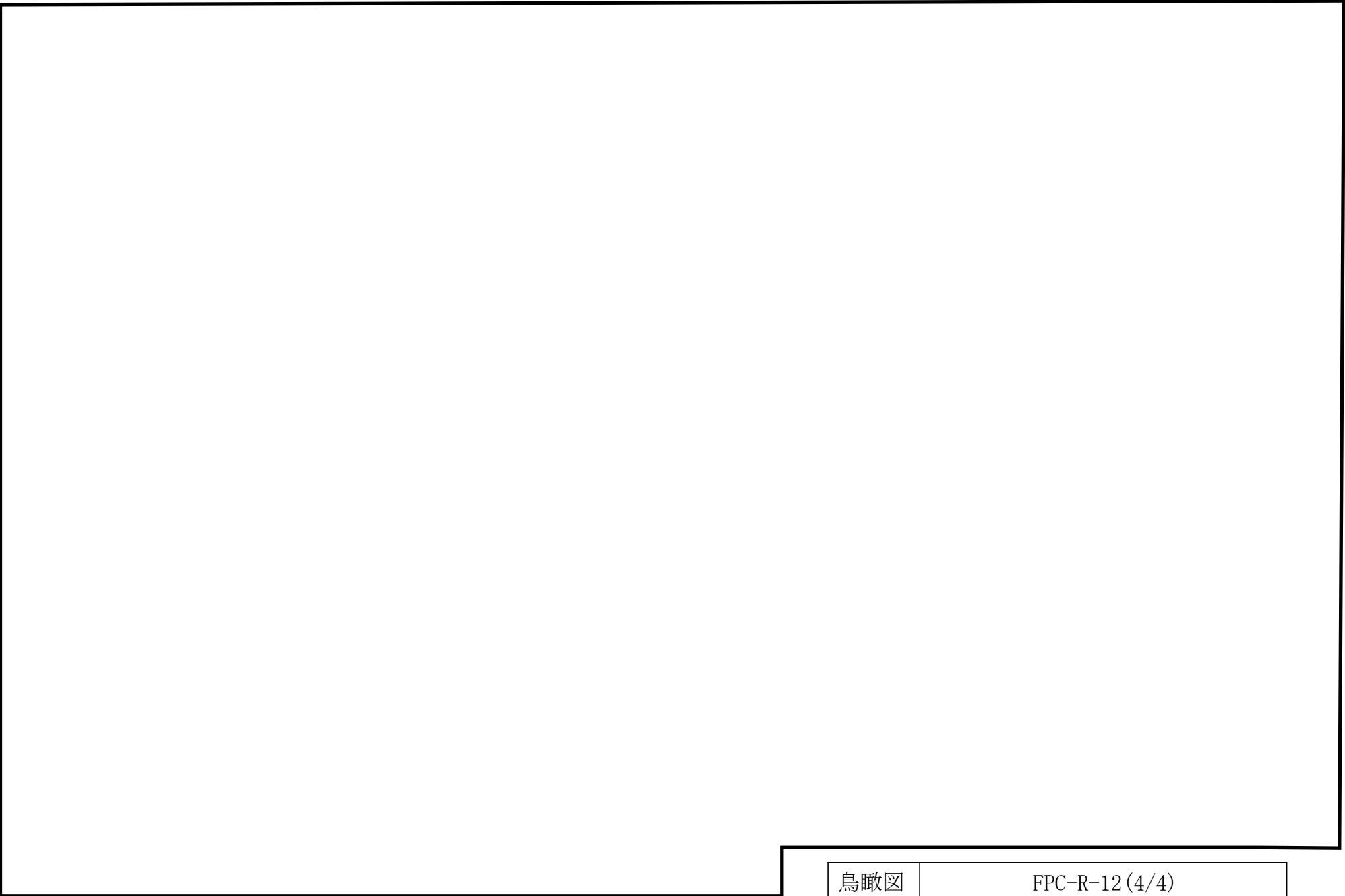
10



鳥瞰図

FPC-R-12(3/4)

11



鳥瞰図

FPC-R-12(4/4)



2.3 構造計画

ろ過脱塩装置入口弁 (MV216-1) は電動ゲート弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。電動ゲート弁の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
ろ過脱塩装置入口弁	電動ゲート弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	燃料プール冷却系配管に固定される。配管については、床面に支持構造物にて固定する。	<p>駆動部</p> <p>弁本体</p> <p>弁体</p> <p>弁座</p> <p>弁断面構造図</p> <p>ろ過脱塩装置入口弁</p> <p>燃料プール冷却系配管</p> <p>支持構造物</p> <p>弁設置位置図</p>

構造計画

ろ過脱塩装置バイパス弁(MV216-6)は電動グローブ弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。電動グローブ弁の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
ろ過脱塩装置バイパス弁	電動グローブ弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	燃料プール冷却系配管に固定される。配管については、床面に支持構造物にて固定する。	<p>弁断面構造図</p> <p>ろ過脱塩装置バイパス弁</p> <p>弁設置位置図</p>

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>	許容応力状態
—	—	燃料プール冷却系	DB	—	クラス3管	B	$I_L + S_s$ <sup>*4</sup>	IV <sub>A</sub> S
							$II_L + S_s$ <sup>*4</sup>	

注記\*1：DBは設計基準対象施設を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*4：溢水量低減を目的として、基準地震動 $S_s$ に対する評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FPC-R-11

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1A~40, 522~53N 622~63N, 26~71	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
2	41~44, 45~46 47~521, 39~54 55~56, 57~621	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FPC-R-11

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～40, 522～53N 622～63N, 26～71	216.3	8.2	STPT42	B	200920
2	41～44, 45～46 47～521, 39～54 55～56, 57～621	165.2	7.1	STPT42	B	200920

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 FPC-R-11

質量	対応する評価点
□	301F
□	53N, 63N

弁部の質量

鳥 瞰 図 FPC-R-11

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	44~45, 54~55		46~47, 56~57
	71, 72		710
	711		712



弁部の寸法

鳥 瞰 図 FPC-R-11

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
44~45				46~47			
54~55				56~57			
71~710				710~7101			
7101~711				711~712			
710~72							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FPC-R-11

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1A						
2						
8						
15						
161						
19						
30						
31						
331						
42						
451						
53N						
551						
63N						
65						
66						
682						
701						
7101						

S2 補 VI-2-別添2-4 R1

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FPC-R-12

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	14~22, 17~67 71~7201	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
2	23~24, 28~45N 21~86, 90~107N 83~111	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
3	7201~73	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
4	73~7401	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
5	7401~80A	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
6	112~116, 117~127N 114~129, 131~134 135~145N	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
7	130~133A	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	1.37	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FPC-R-12

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	14～22, 17～67 71～7201	216.3	8.2	SUS304TP	B	192840
2	23～24, 28～45N 21～86, 90～107N 83～111	165.2	7.1	SUS304TP	B	192840
3	7201～73	216.3	8.2	SF440A	B	199840
4	73～7401	216.3	8.2	STPT410	B	200920
5	7401～80A	216.3	8.2	STPT42	B	200920
6	112～116, 117～127N 114～129, 131～134 135～145N	165.2	7.1	SUS304TP	B	193400
7	130～133A	216.3	8.2	SUS304TP	B	193400

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 FPC-R-12

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	39F, 101F, 121F, 139F
<input type="checkbox"/>	45N, 107N, 127N, 145N

弁部の質量

鳥 瞰 図 FPC-R-12

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	13～14		24, 28, 86, 90
	25, 87		26, 88
	27, 89		67, 71
	68		69
	70		111～112
	116～117, 134～135		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 FPC-R-12

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
13~14				24~25			
25~26				26~261			
261~27				25~28			
67~68				68~69			
69~70				68~71			
86~87				87~88			
88~881				881~89			
87~90				111~112			
116~117				134~135			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FPC-R-12

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1901						
261						
261						
29						
** 34 **						
45N						
72						
80A						
881						
881						
91						
96						
107N						
127N						
133A						
145N						

--

S2 補 VI-2-別添2-4 R1



### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
STPT42	66	—	231	407	—
SUS304TP	66	—	188	479	—
SF440A	66	—	217	411	—
STPT410	66	—	231	407	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
FPC-R-11	原子炉建物	EL			
FPC-R-12	原子炉建物	EL			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FPC-R-11

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
動的震度*3, *4				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

\*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

\*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FPC-R-11

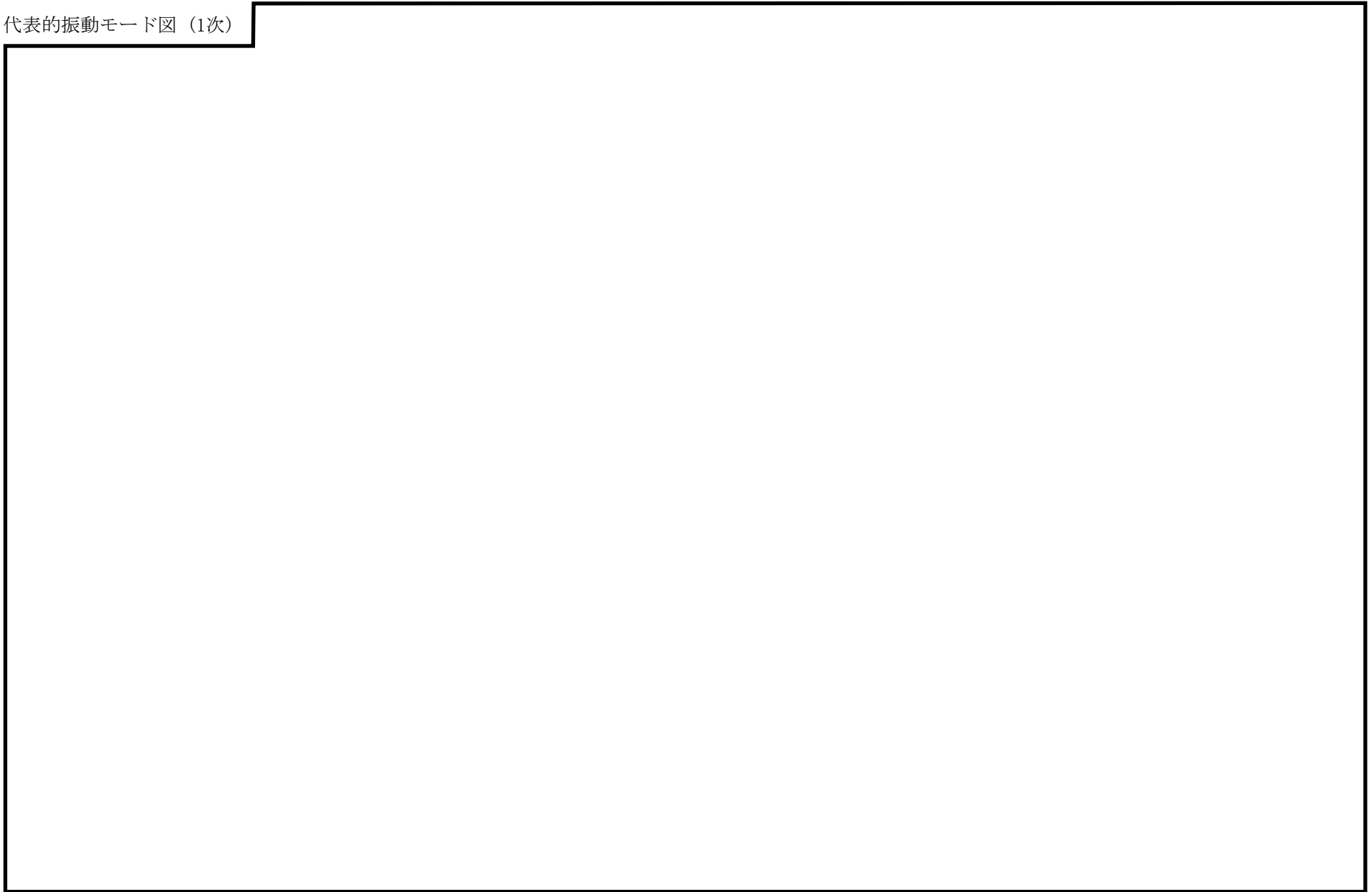
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 代表的振動モード図

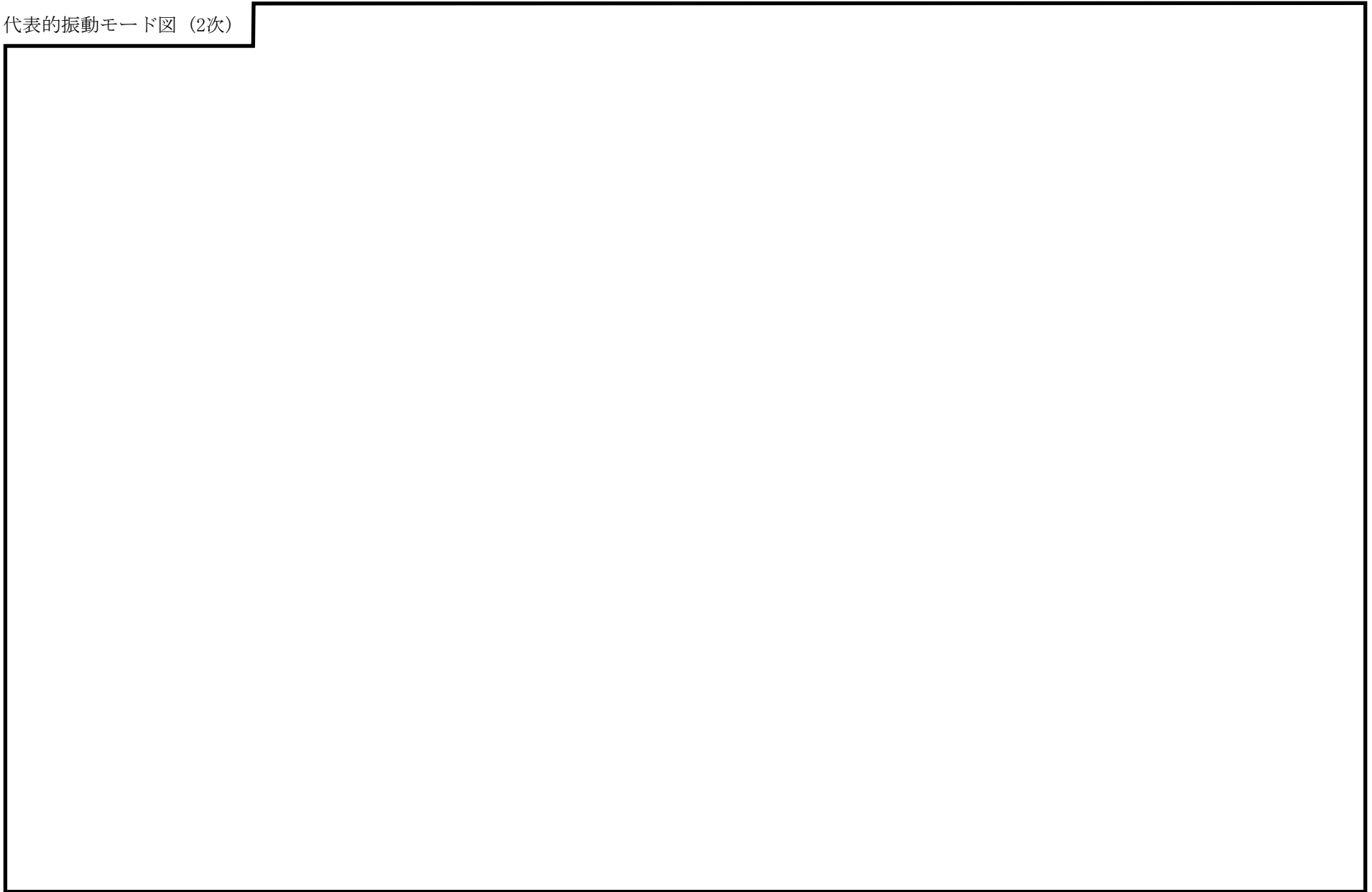
振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)

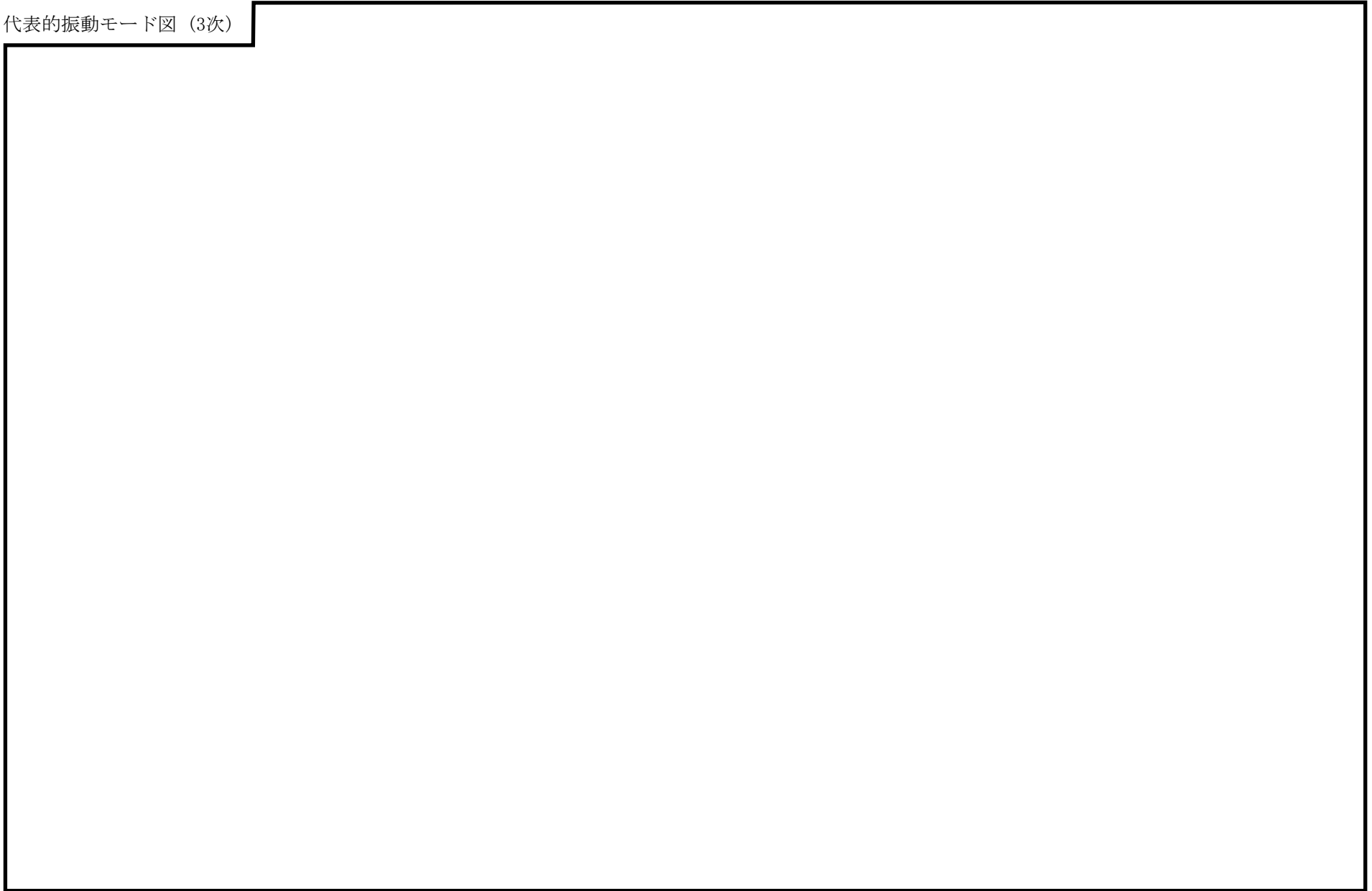


33

代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



35



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FPC-R-12

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
動的震度*3, *4				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

\*3：設計用震度 I (基準地震動 S s)

\*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FPC-R-12

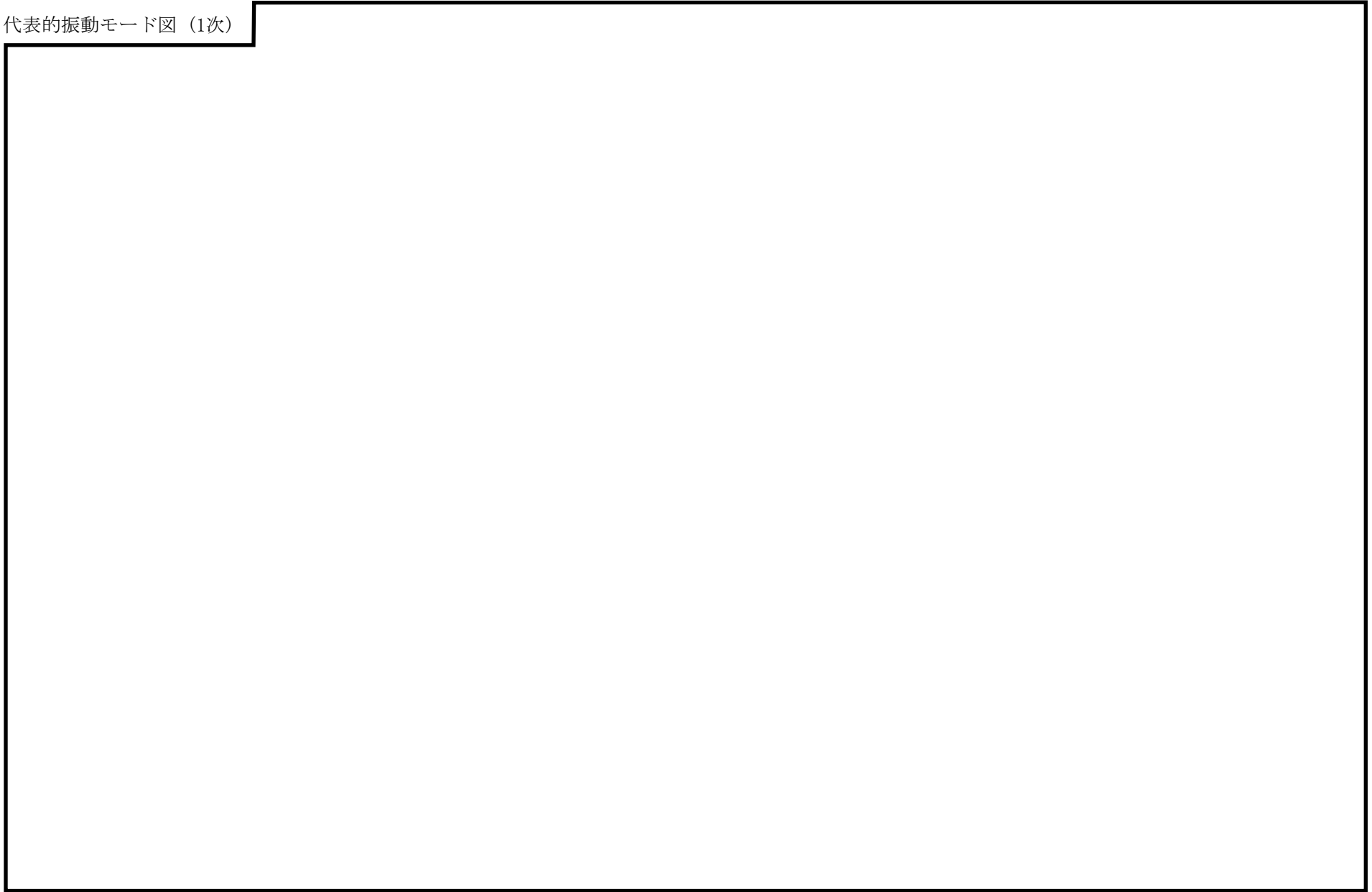
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 代表的振動モード図

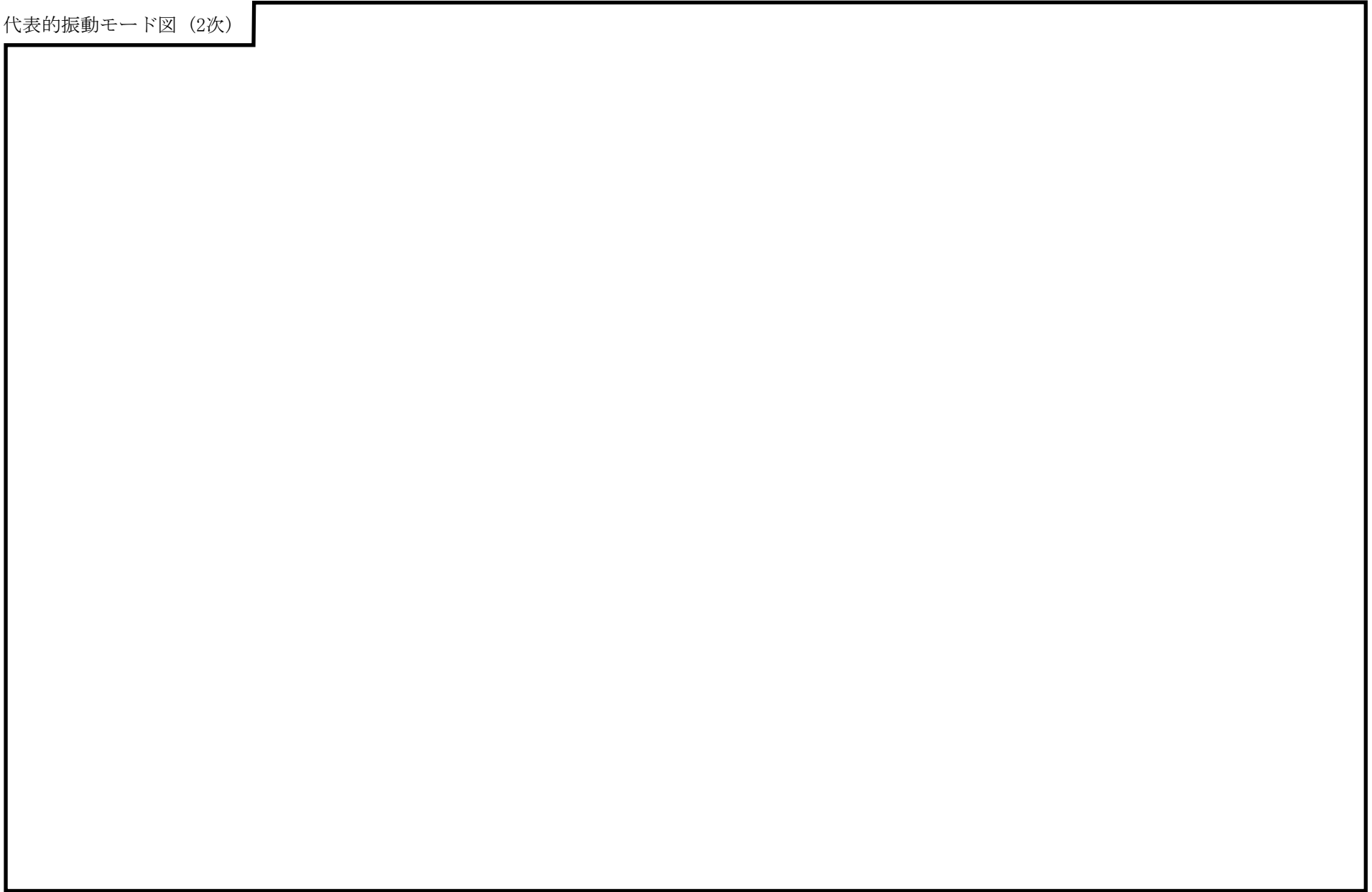
振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)

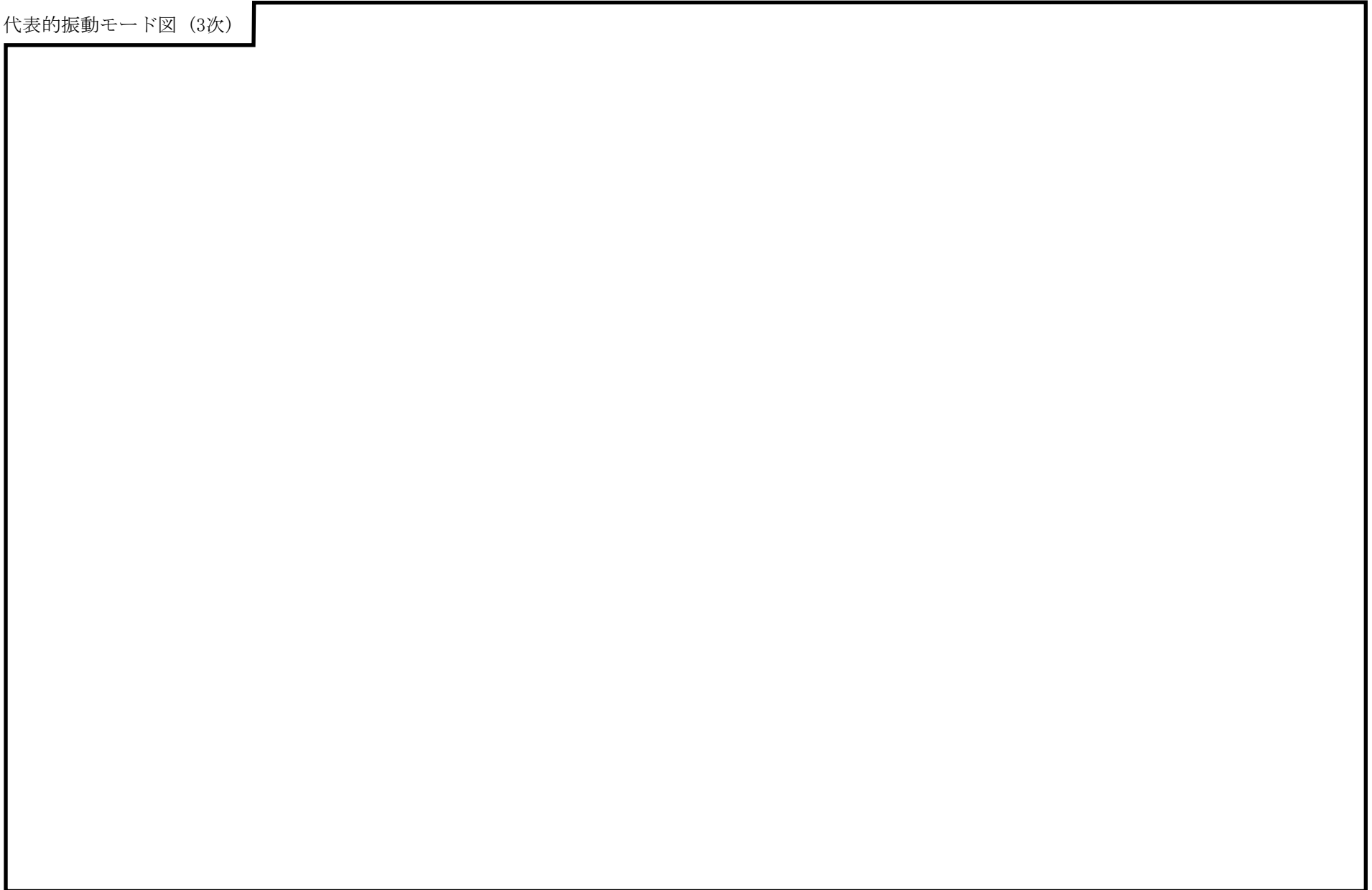


代表的振動モード図 (2次)

40



代表的振動モード図 (3次)



## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FPC-R-11	39	80	366	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FPC-R-12	106	113	376	—

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナップ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
—	オイルスナップ	—		—	—	—	
RE-FPC-373	ロッドレストレイント	RTS-6		29	108	—	
—	スプリングハンガ	—		—	—		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		
—	—	—		—	—		

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-FPC-372	レストレイント	パイプバンド	STK400	66	24	33	0	—	—	—	圧縮	33	143
AN-FPC-201	アンカ	ラグ	SUS304	66	13	16	27	3	13	10	組合せ	35	118



## 4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
MV216-1	電動ゲート弁	$\beta$ (S s)	3.6	1.9	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
MV216-6	電動グローブ弁	$\beta$ (S s)	3.3	1.9	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	FPC-R-11	39	80	366	4.57	○	39	133	462	3.47	—	—
2	FPC-R-12	106	74	431	5.82	—	106	113	376	3.32	—	○

VI-2-別添2-5 大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図，鳥瞰図及び構造計画	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	8
2.3 構造計画	10
3. 計算条件	15
3.1 計算方法	15
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	16
3.3 設計条件	17
3.4 材料及び許容応力	23
3.5 設計用地震力	24
4. 解析結果及び評価	25
4.1 固有周期及び設計震度	25
4.2 評価結果	30
4.2.1 管の応力評価結果	30
4.2.2 支持構造物評価結果	31
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	32
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	34

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に従い、溢水量低減を目的として、大型タンク遮断弁が基準地震動 $S_s$ に対して十分に動的機能を維持していることを確認するものである。

大型タンク遮断弁は、設計基準対象施設においてはB、Cクラスの施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、大型タンク遮断弁は、管と合わせて耐震評価を実施することから、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき評価を実施する。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

概略系統図に示す評価対象範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全9弁を全6モデルの配管系として解析モデルを作成し、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

評価対象範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。


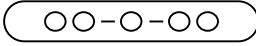


### (3) 弁

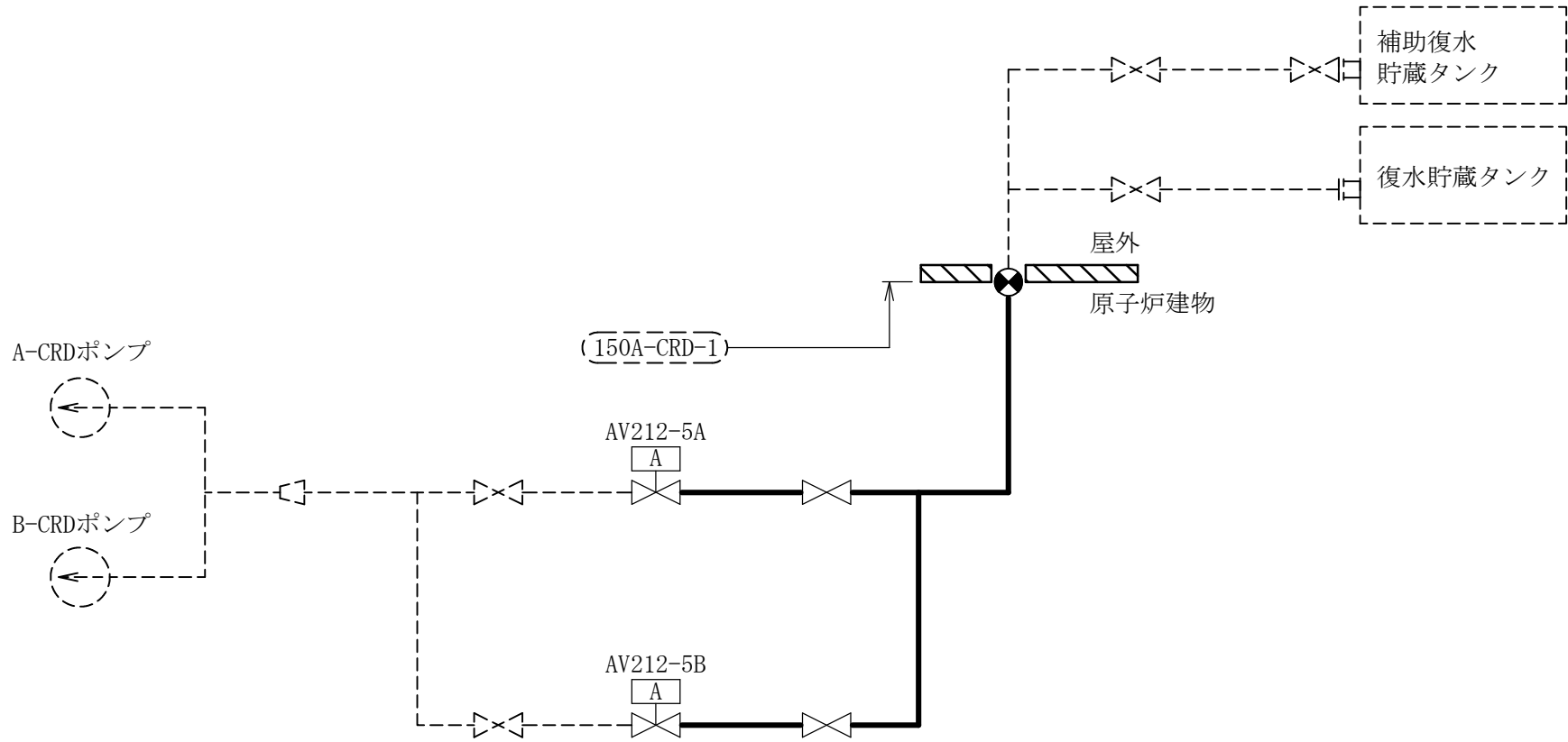
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図，鳥瞰図及び構造計画

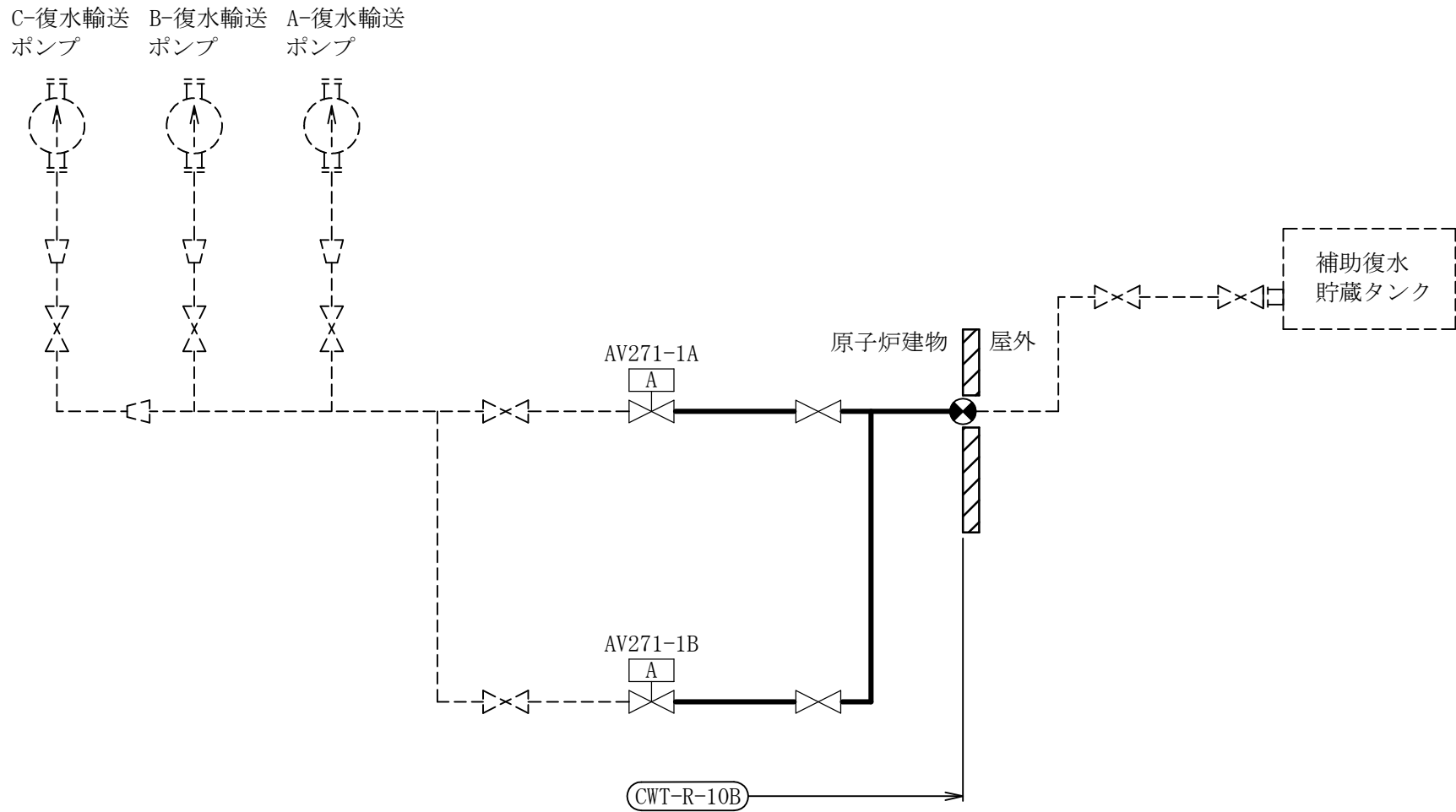
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 $S_s$ による地震力に対して，十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（代表モデル）
	鳥瞰図番号（代表モデル以外）
	アンカ

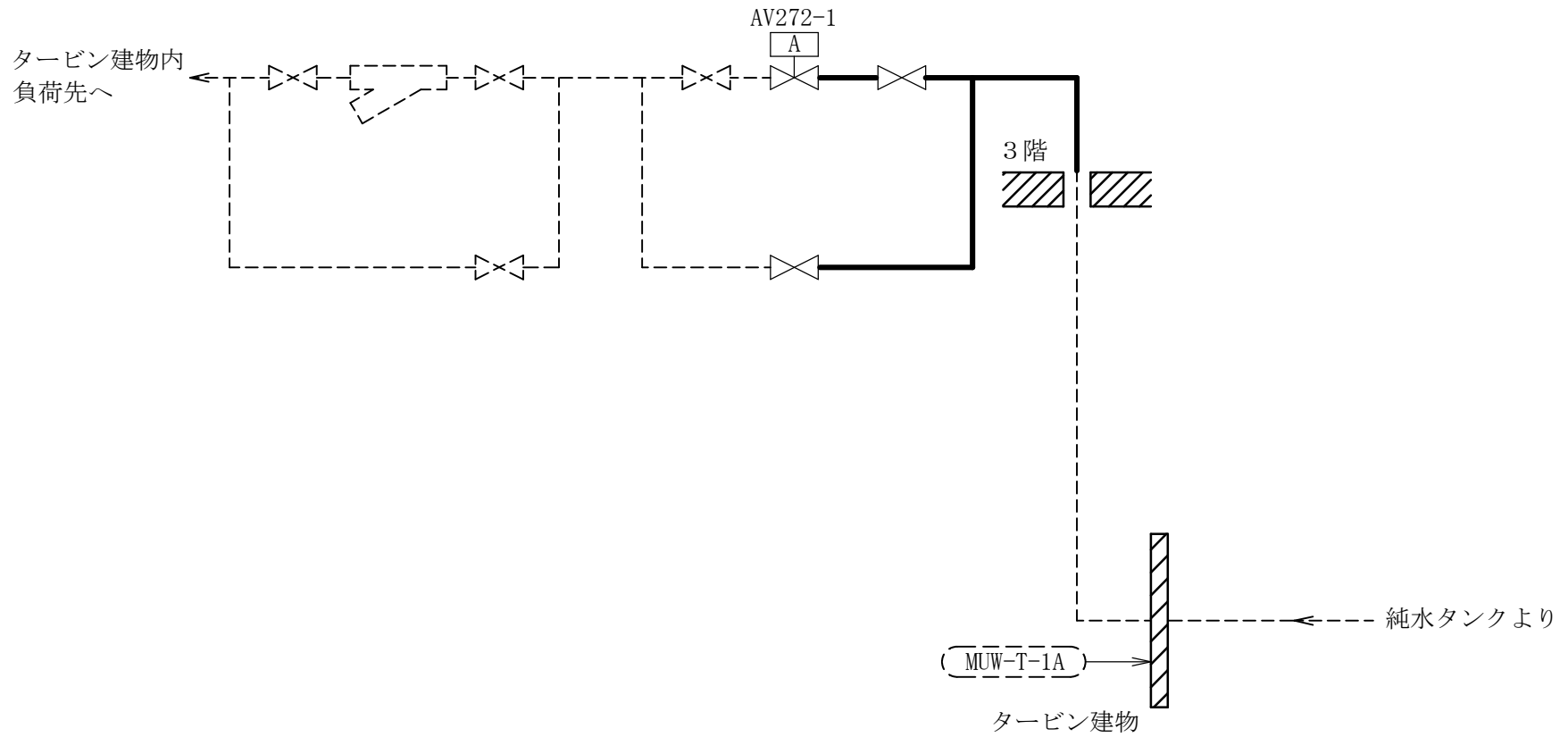


大型タンク遮断弁概略系統図 (その1)  
(制御棒駆動水圧系)

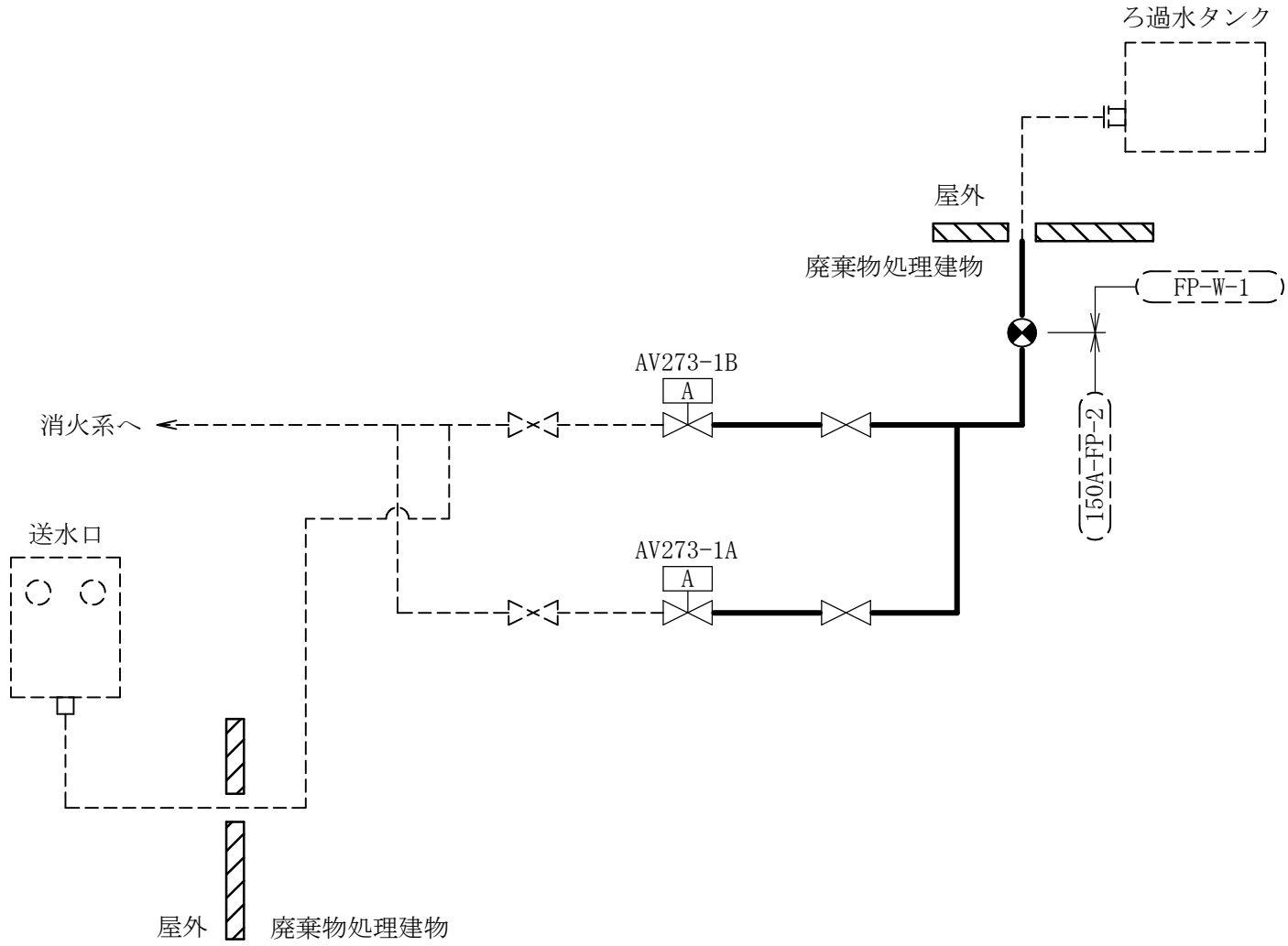


大型タンク遮断弁概略系統図 (その2)  
(復水輸送系)

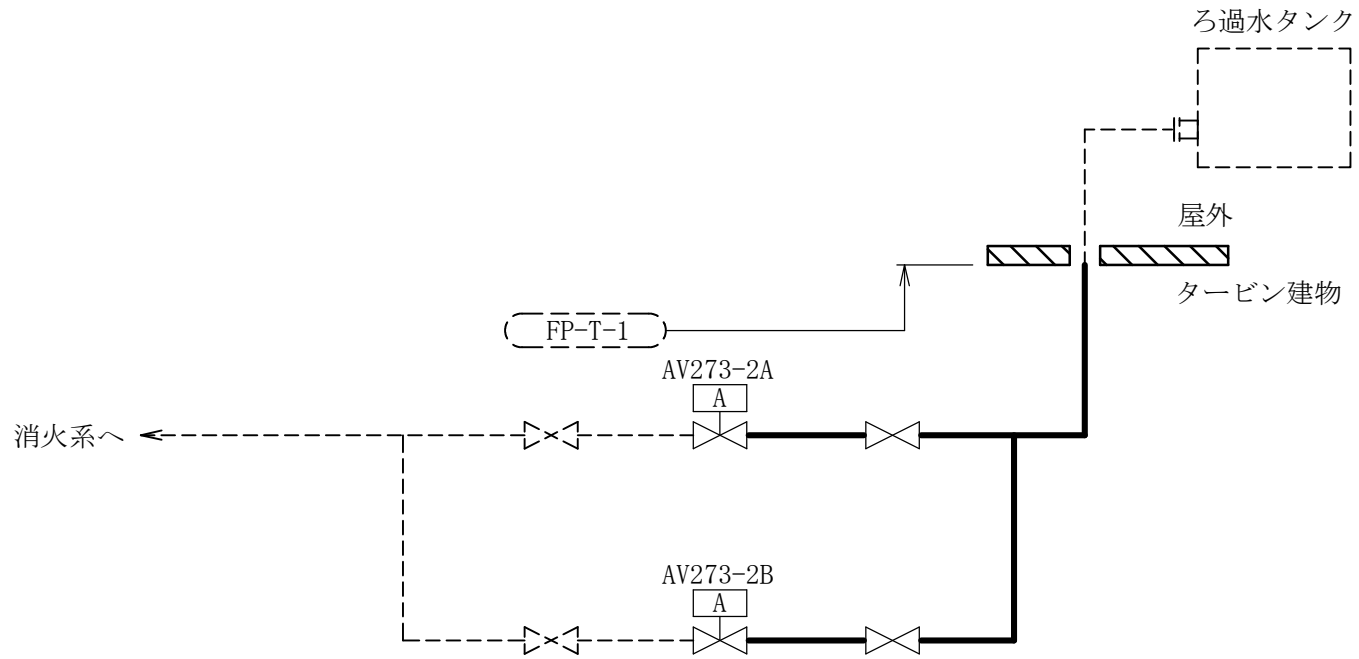




大型タンク遮断弁概略系統図 (その3)  
(補給水系)




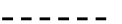



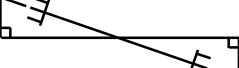
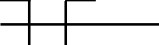
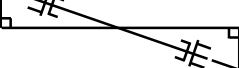

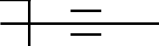
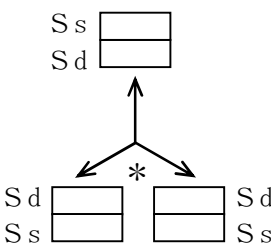

大型タンク遮断弁概略系統図 (その4)  
(消火系 (その1))



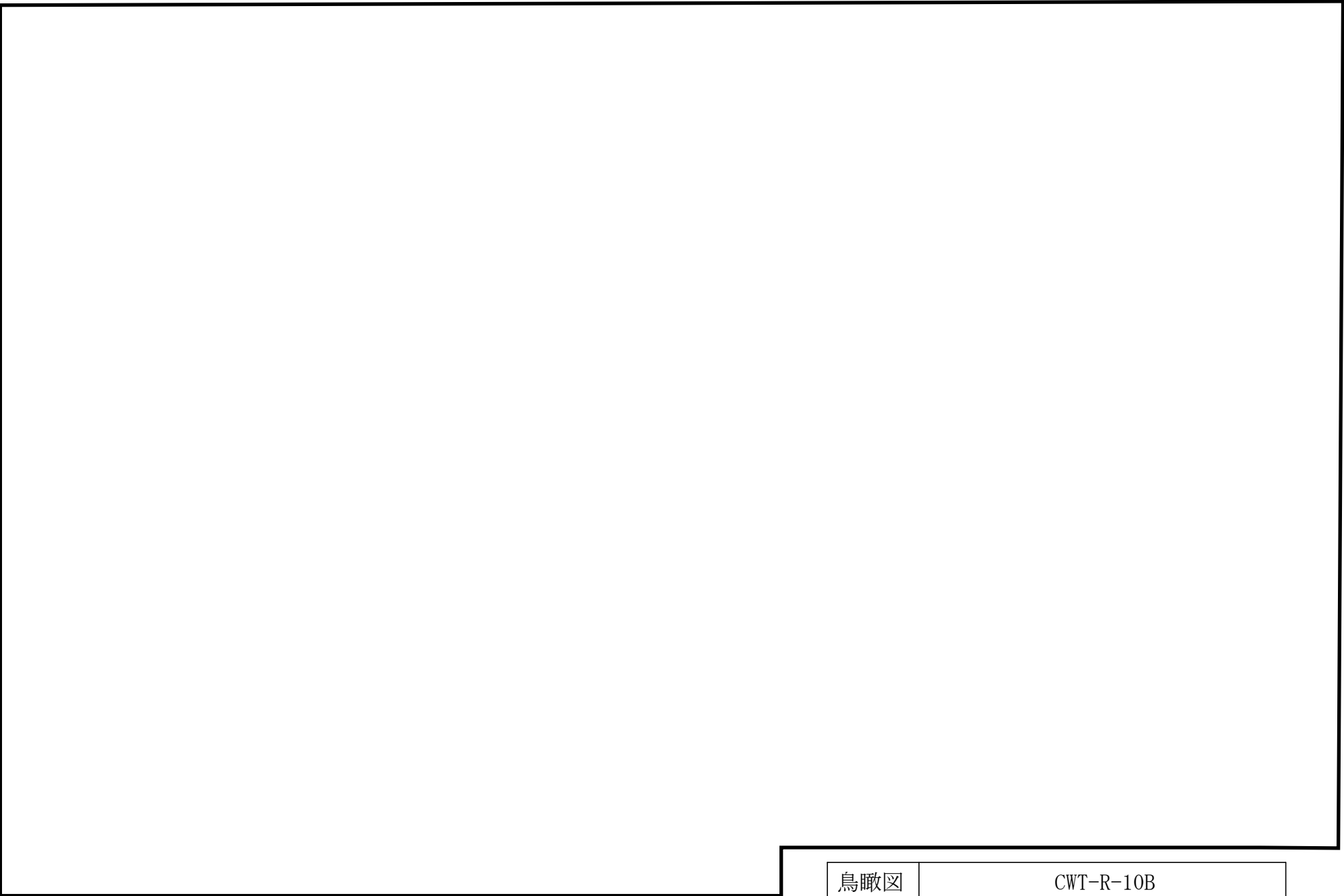
大型タンク遮断弁概略系統図 (その5)  
(消火系 (その2))

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント（斜め拘束の場合）
	スナップ
	スナップ（斜め拘束の場合）
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。なお、 $S_s$ 機能維持の範囲は $S_s$ 地震動による変位量のみを記載する。）  注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

6



鳥瞰図

CWT-R-10B

2.3 構造計画

CRD A, B-R/B入口遮断弁 (AV212-5A, 5B)は空気作動ゲート弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。空気作動ゲート弁の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
CRD A, B-R/B入口遮断弁	空気作動ゲート弁	弁体を含む弁本体、弁体を空気にて駆動する駆動部で構成する。	制御棒駆動水圧系配管に固定される。駆動部は壁面に支持構造物にて固定し、弁が取り付く配管は床面に支持構造物にて固定する。	

構造計画

CWT A, B-R/B入口遮断弁 (AV271-1A, 1B)は空気作動ゲート弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。空気作動ゲート弁の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
CWT A, B-R/B入口遮断弁	空気作動ゲート弁	弁体を含む弁本体，弁体を空気にて駆動する駆動部で構成する。	復水輸送系配管に固定される。配管については，床面に支持構造物にて固定する。	

構造計画

MUW T/B入口遮断弁(AV272-1)は空気作動ゲート弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。空気作動ゲート弁の構造計画を表2-3に示す。

表2-3 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
MUW T/B入口遮断弁	空気作動ゲート弁	弁体を含む弁本体，弁体を空気にて駆動する駆動部で構成する。	補給水系配管に固定される。配管については，床面に支持構造物にて固定する。	



構造計画

FP A, B-RW/B入口供給遮断弁 (AV273-1A, 1B) は空気作動ボール弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。空気作動ボール弁の構造計画を表2-4に示す。

表2-4 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
FP A, B-RW/B入口供給遮断弁	空気作動ボール弁	弁体を含む弁本体、弁体を空気にて駆動する駆動部で構成する。	消火系配管に固定される。配管については、床面に支持構造物にて固定する。	<p>弁断面構造図</p> <p>弁設置位置図</p>

構造計画

FP A, B-T/B入口供給遮断弁 (AV273-2A, 2B)は空気作動ボール弁であり、弁体を弁座に密着することで止水する。空気作動ボール弁の構造計画を表2-5に示す。

表2-5 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
FP A, B-T/B 入口供給遮断弁	空気作 動ボー ル弁	弁体を含む弁 本体、弁体を 空気にて駆動 する駆動部で 構成する。	消火系配管に 固定される。 配管について は、床面に支 持構造物にて 固定する。	

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>	許容応力状態
—	—	補給水系	DB	—	クラス3管	C	$I_L + S_s^{*4}$ $II_L + S_s^{*4}$	$IV_A S$
—	—	消火系	DB	—	クラス3管	C	$I_L + S_s^{*4}$ $II_L + S_s^{*4}$	$IV_A S$
—	—	制御棒駆動 水圧系	DB	—	クラス3管	B	$I_L + S_s^{*4}$ $II_L + S_s^{*4}$	$IV_A S$
—	—	復水輸送系	DB	—	クラス3管	B	$I_L + S_s^{*4}$ $II_L + S_s^{*4}$	$IV_A S$

注記\*1：DBは設計基準対象施設を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*4：溢水量低減を目的として、基準地震動 $S_s$ に対する評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1A~3	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	静水頭	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—
2	3~14, 15~17 4~46, 47~49	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	静水頭	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～3	165.2	7.1	STPG38	B	201667
2	3～14, 15～17 4～46, 47～49	165.2	7.1	STPG370	B	201667

配管の付加質量

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	1A～14, 15～17, 4～46, 47～49

弁部の質量

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	14~15, 46~47		17, 21, 49, 53
	18, 50		19, 51
	20, 52		



弁部の寸法

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
14~15				17~18			
18~19				19~20			
20~200				18~21			
46~47				49~50			
50~51				51~52			
52~520				50~53			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1A						
13						
200						
45						
520						

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
STPG38	66	—	189	357	—
STPG370	66	—	189	357	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
CWT-R-10B	原子炉建物	EL			

#### 4. 解析結果及び評価

##### 4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
動的震度*3, *4				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

\*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

\*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 CWT-R-10B

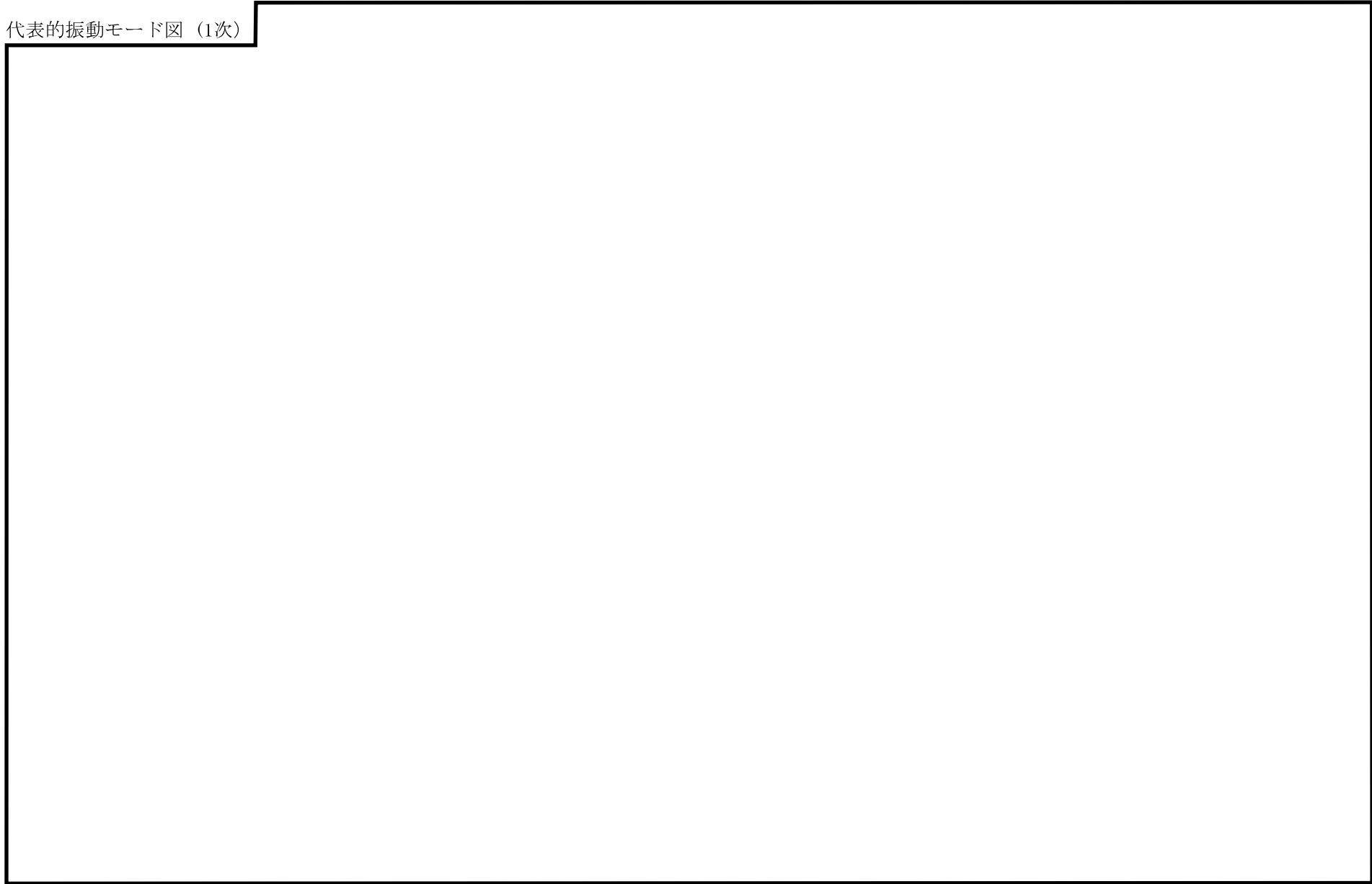
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 代表的振動モード図

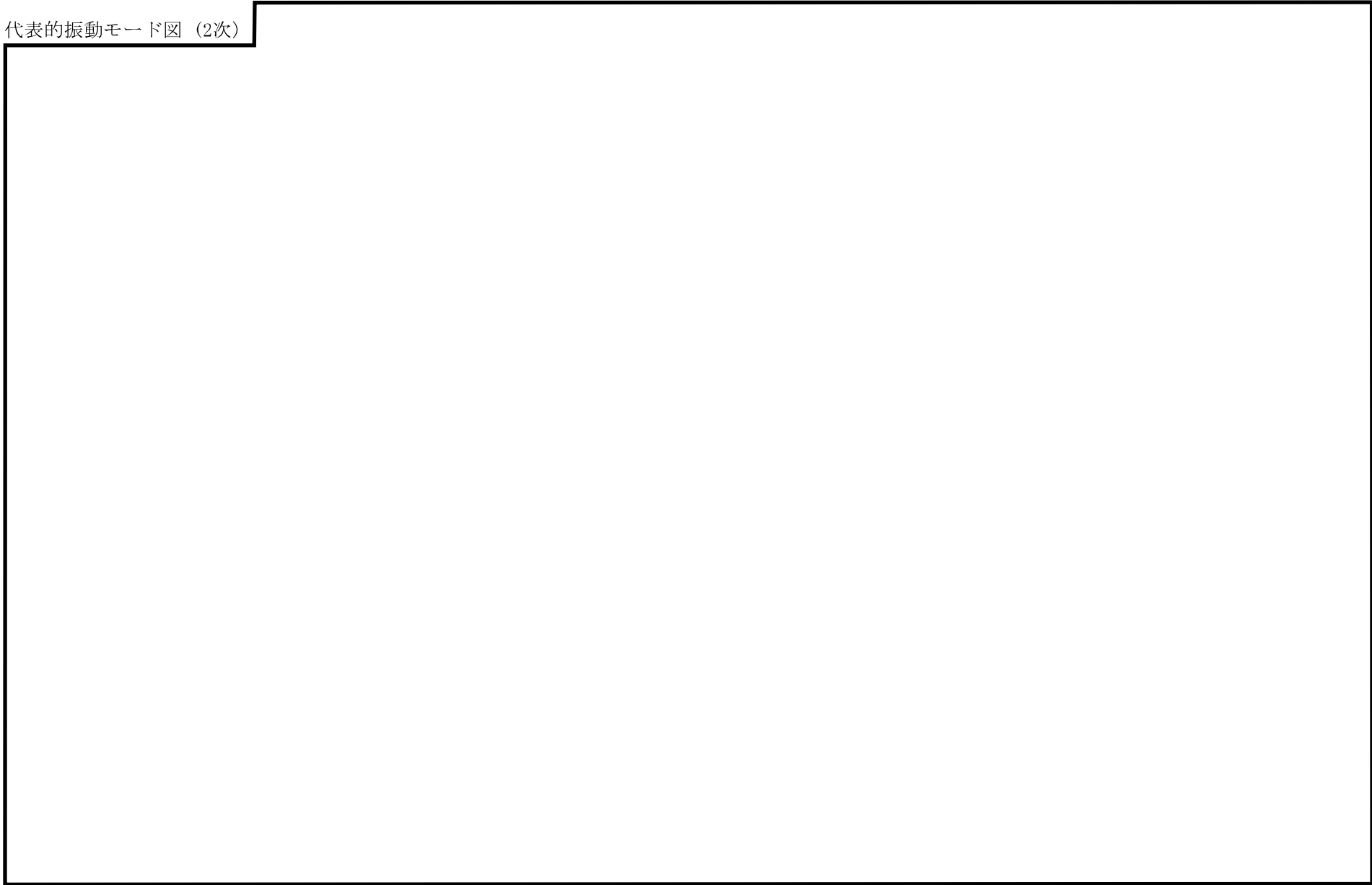
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)





代表的振動モード図 (2次)



## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CWT-R-10B	49	142	321	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CWT-R-10B	49	236	378	—

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
—	ロッドレストレイント	—			—	—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—	—
—	リジットハンガ	—			—	—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-CWT-310	レストレイント	Uボルト	SS400	66	8	38	0	—	—	—	引張	100	185
AN-CRD-201	アンカ	ラグ	SUS304	66	13	10	112	9	11	7	組合せ	78	118

## 4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
AV272-1	空気作動ゲート弁	$\beta$ (S s)	3.4	1.1	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
AV271-1B	空気作動ゲート弁	$\beta$ (S s)	1.6	3.8	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
AV273-2A	空気作動ボール弁	$\beta$ (S s)	2.0	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
AV273-2B	空気作動ボール弁	$\beta$ (S s)	2.0	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
AV273-1B	空気作動ボール弁	$\beta$ (S s)	1.9	2.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	150A-CRD-1	43	34	431	12.67	—	43	29	376	12.96	—	—
2	CWT-R-10B	49	142	321	2.26	○	49	236	378	1.60	—	○
3	MUW-T-1A	35	140	468	3.34	—	35	219	410	1.87	—	—
4	FP-W-1	78	100	321	3.21	—	78	160	378	2.36	—	—
5	150A-FP-2	1A	140	366	2.61	—	1A	243	462	1.90	—	—
6	FP-T-1	28	77	321	4.16	—	28	136	378	2.77	—	—

VI-2-別添2-6 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図, 鳥瞰図及び構造計画	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
2.3 構造計画	7
3. 計算条件	9
3.1 計算方法	9
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
3.3 設計条件	11
3.4 材料及び許容応力	17
3.5 設計用地震力	18
4. 解析結果及び評価	19
4.1 固有周期及び設計震度	19
4.2 評価結果	22
4.2.1 管の応力評価結果	22
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	24
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25



## 1. 概要

本計算書は、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に従い、溢水量低減を目的として、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁が基準地震動 $S_s$ に対して十分に動的機能を維持していることを確認するものである。

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁は、設計基準対象施設においてはCクラスの施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁は、管と合わせて耐震評価を実施することから、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき評価を実施する。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

概略系統図に示す評価対象範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全15弁を全15モデルの配管系として解析モデルを作成し、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

評価対象範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。


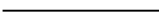
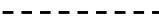
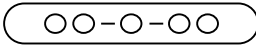
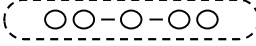

### (3) 弁

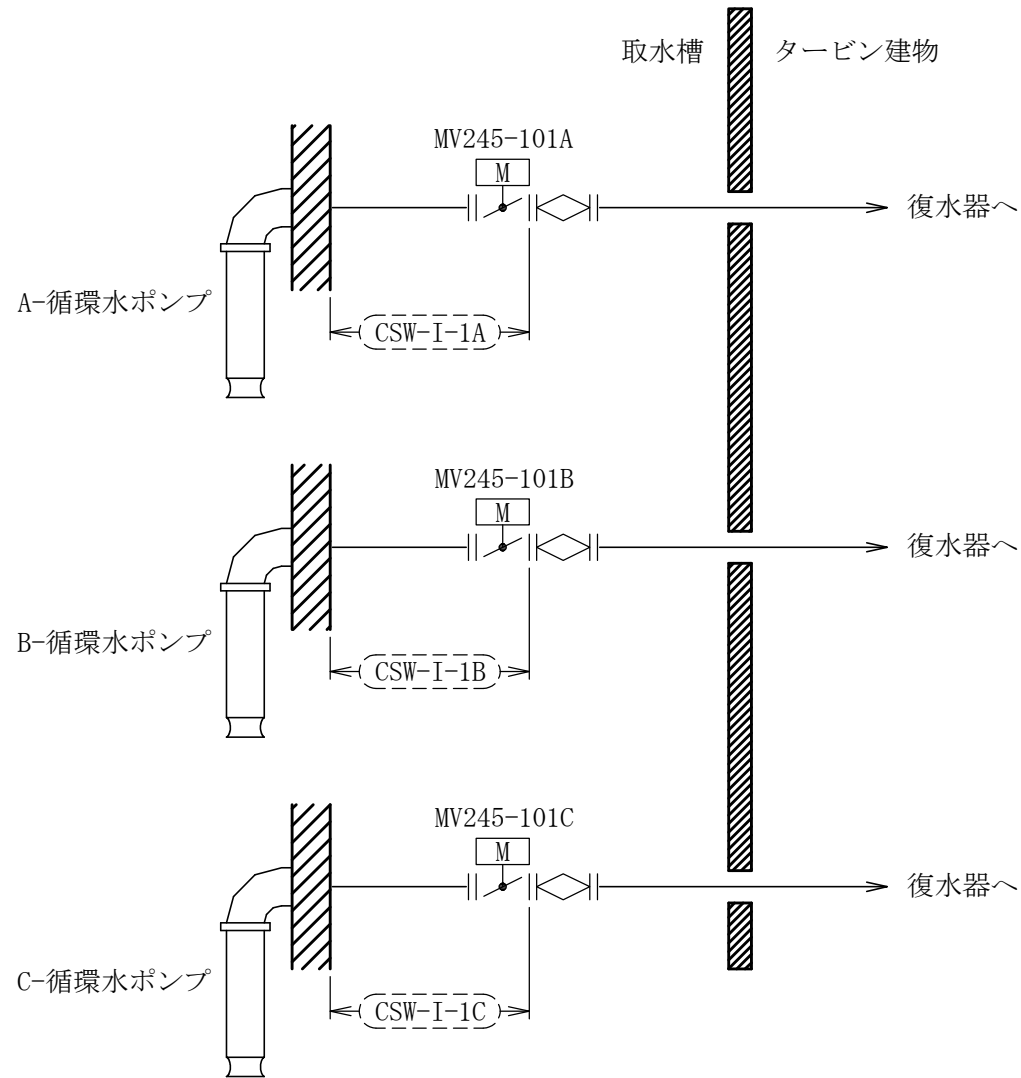
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図，鳥瞰図及び構造計画

2.1 概略系統図

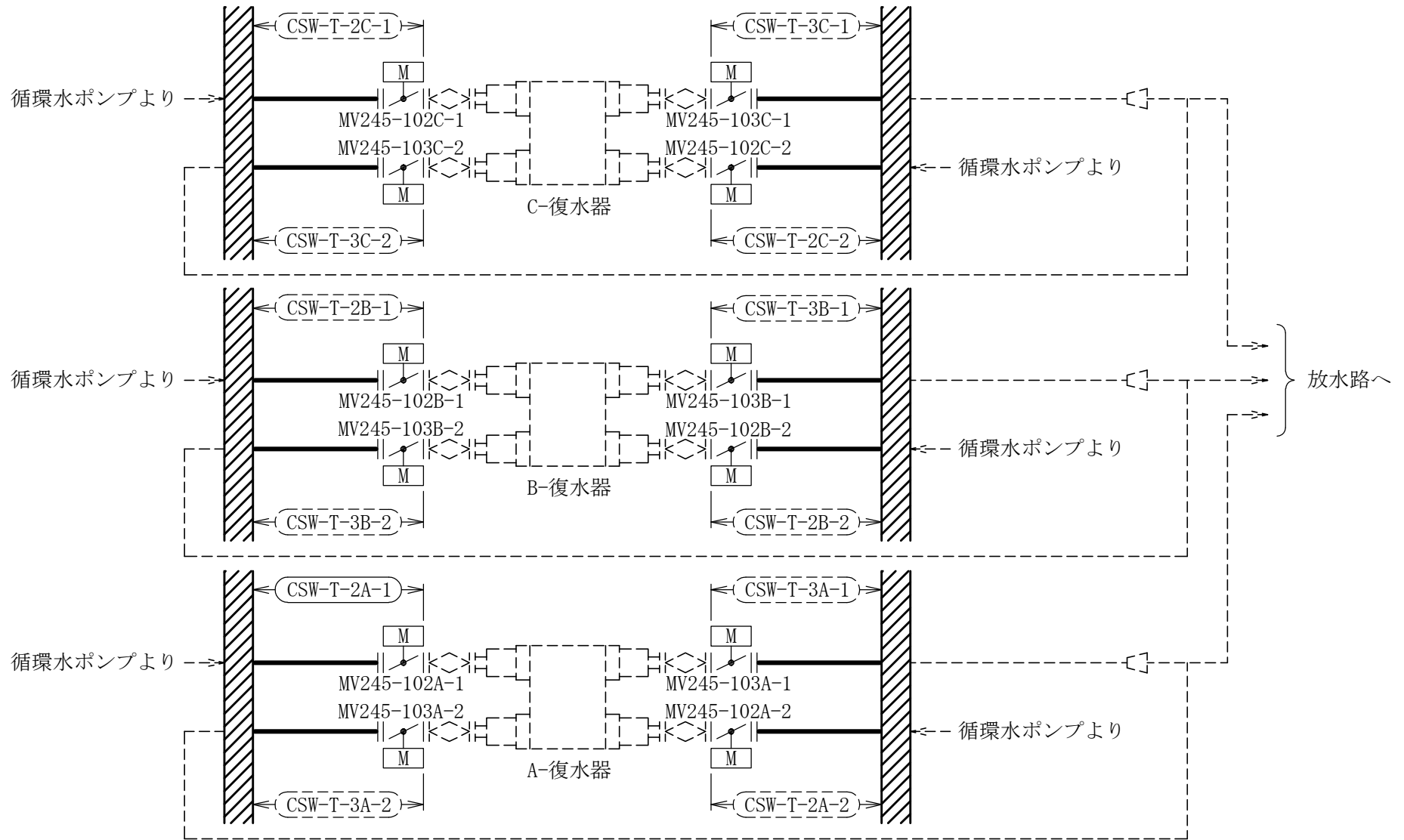
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 $S_s$ による地震力に対して，十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (細線)	本計算書への評価結果記載対象の管であるが，他計算書にて評価結果を示す管
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（代表モデル）
	鳥瞰図番号（代表モデル以外）
	アンカ



[注] 本図記載の範囲の管は浸水防護施設として基準地震動  $S_s$  に対する耐震性を確認していることから、管の耐震計算結果は、VI-2-10-2-11「隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書」にて示す。


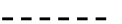


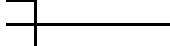
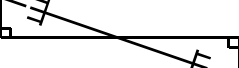

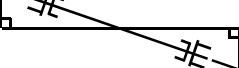

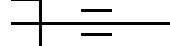
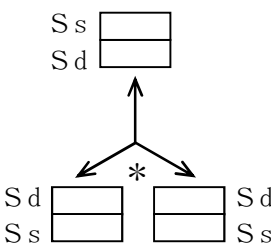

循環水系概略系統図 (その1)  
(取水槽廻り)

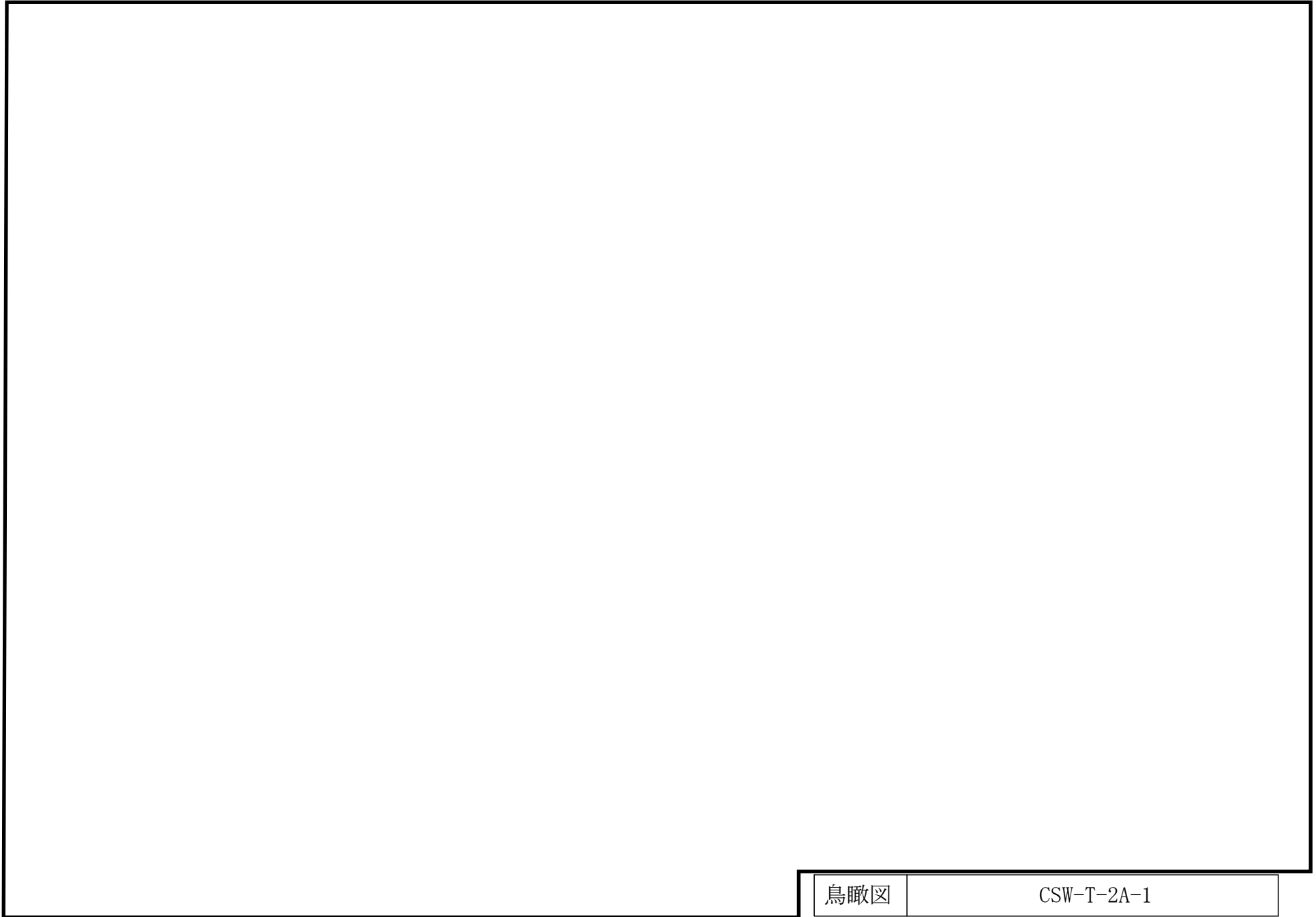


循環水系概略系統図 (その2)  
(復水器廻り)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント（斜め拘束の場合）
	スナップ
	スナップ（斜め拘束の場合）
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。なお、 $S_s$ 機能維持の範囲は $S_s$ 地震動による変位量のみを記載する。）  注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図

CSW-T-2A-1

2.3 構造計画

循環水ポンプ出口弁(MV245-101A, B, C)は電動バタフライ弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。電動バタフライ弁の構造計画を表2-1に示す。

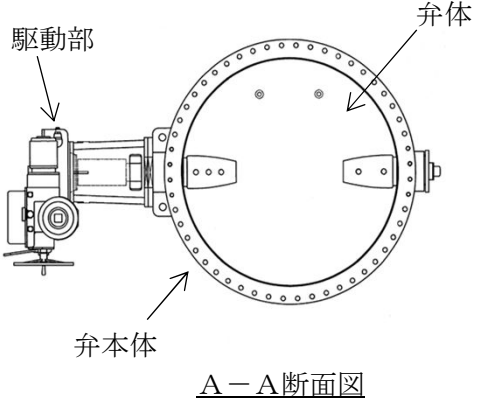
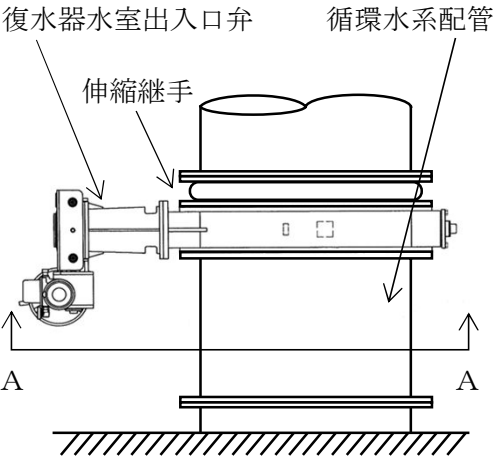
表2-1 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
循環水ポンプ出口弁	電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	循環水系配管及び支持構造物に固定する。	<p>駆動部</p> <p>支持構造物</p> <p>弁本体</p> <p>弁体</p> <p>A-A断面図</p> <p>循環水ポンプ出口弁</p> <p>伸縮継手</p> <p>循環水系配管</p> <p>弁設置位置図</p>

構造計画

復水器水室出入口弁(MV245-102A-1, B-1, C-1, A-2, B-2, C-2, MV245-103A-1, B-1, C-1, A-2, B-2, C-2)は電動バタフライ弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。電動バタフライ弁の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
復水器水室 出入口弁	電動バ タフラ イ弁	弁体を含む弁 本体、弁体を 電動にて駆動 する駆動部で 構成する。	循環水系配管 に固定する。	 <p>A-A断面図</p>  <p>弁設置位置図</p>



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>	許容応力状態
—	—	循環水系	DB	—	—	C	$I_L + S_s$ <sup>*4</sup>	IV <sub>A</sub> S
							$II_L + S_s$ <sup>*4</sup>	

注記\*1：DBは設計基準対象施設を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*4：溢水量低減を目的として、基準地震動 $S_s$ に対する評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	2~8A	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.31	30
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—

設計条件


鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2～8A	2236.0	18.0	SS41	C	202333

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

質量	対応する評価点
	2
	7F

弁部の質量

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	101
<input type="text"/>	102	<input type="text"/>	103

弁部の寸法

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
1~100				100~101			
101~102				102~103			
100~2							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
8A						



### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
SS41	30	—	235	400	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
CSW-T-2A-1	タービン建物	EL			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
動的震度*2, *3				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

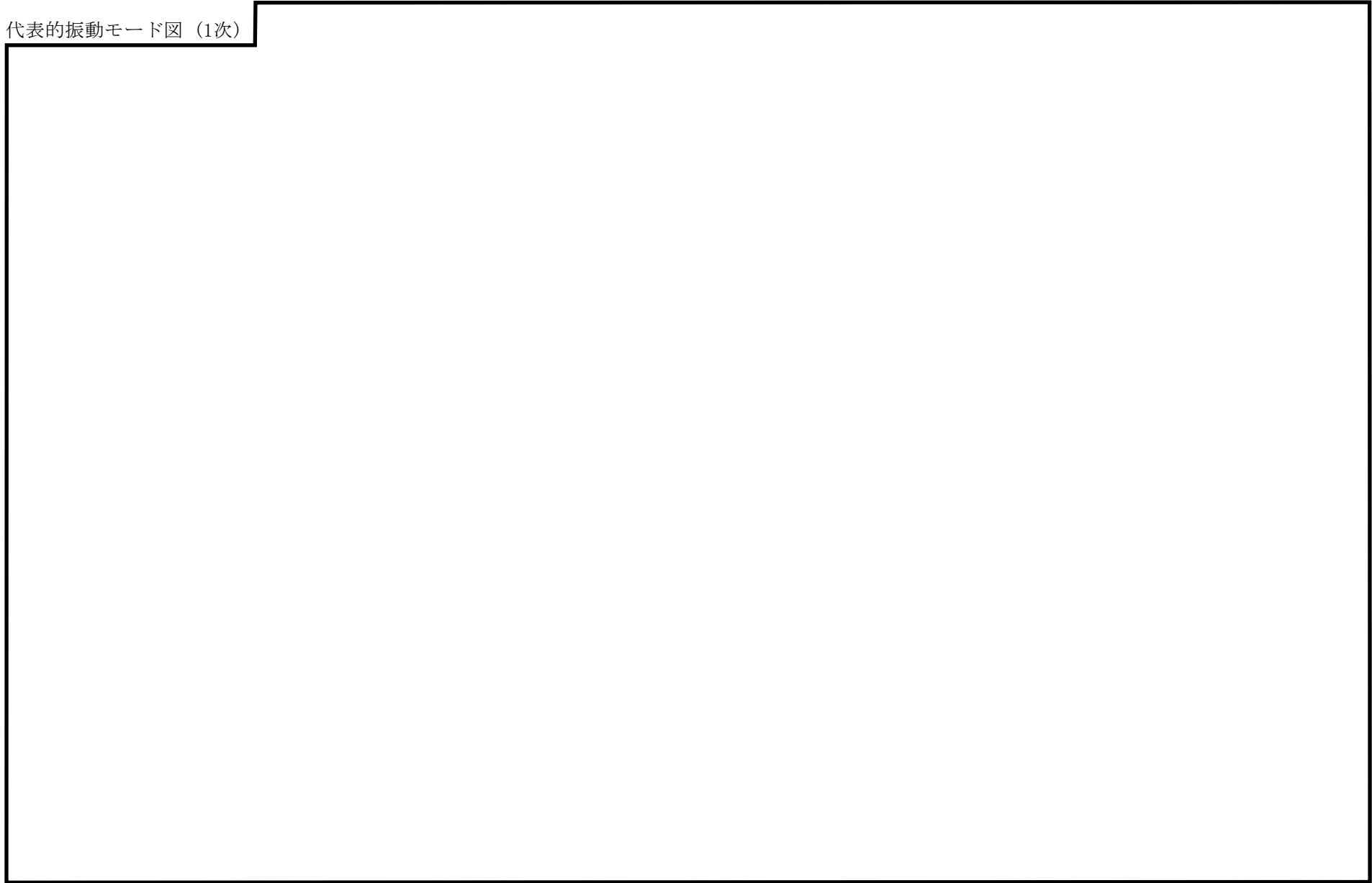
\*2：設計用震度 I (基準地震動 S s)

\*3：最大応答加速度を1.2倍した震度

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CSW-T-2A-1	8A	27	360	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CSW-T-2A-1	8A	30	470	—

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
—	ロッドレストレイント	—			—	—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—	—
—	リジットハンガ	—			—	—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>Z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>			
—	レストレイント	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	アンカ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

## 4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
MV245-101A	電動バタフライ弁	$\beta$ (S s)	4.9	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
MV245-101B	電動バタフライ弁	$\beta$ (S s)	4.9	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
MV245-101C	電動バタフライ弁	$\beta$ (S s)	4.9	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動S s，弾性設計用地震動S d時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動S s，弾性設計用地震動S d後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。



## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	CSW-T-2A-1	8A	27	360	13.33	○	8A	30	470	15.66	—	○
2	CSW-T-2A-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
3	CSW-T-2B-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
4	CSW-T-2B-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
5	CSW-T-2C-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
6	CSW-T-2C-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
7	CSW-T-3A-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
8	CSW-T-3A-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
9	CSW-T-3B-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
10	CSW-T-3B-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
11	CSW-T-3C-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
12	CSW-T-3C-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—

注：鳥瞰図番号CSW-I-1A, CSW-I-1B, CSW-I-1Cの評価結果は、VI-2-10-2-11「隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書」にて示す。

VI-2-別添 2-7 被水防護カバーの耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8

## 1. 概要

被水防護カバーはCクラス機器で工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）であり、溢水防護に係る施設の評価においては、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を有することを確認する。

本計算書はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、被水防護カバーが基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、被水防護カバーは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤に類するため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

被水防護カバーの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
被水防護カバーは基礎ボルトにて壁に設置する。	壁掛形 (鋼製の収納盤で構成する。)	<p>基礎ボルト (メカニカルアンカ)</p> <p>壁</p> <p>高さ</p> <p>たて</p> <p>横 (平面図)</p> <p>壁</p> <p>(側面図)</p> <table border="1" data-bbox="1182 1181 1749 1401"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>被水防護カバー (RE295-26A)</th> <th>被水防護カバー (RE295-26B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位 : mm)</p>	機器名称	被水防護カバー (RE295-26A)	被水防護カバー (RE295-26B)	たて	□	□	横	□	□	高さ	□	□
機器名称	被水防護カバー (RE295-26A)	被水防護カバー (RE295-26B)												
たて	□	□												
横	□	□												
高さ	□	□												

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

被水防護カバーの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

被水防護カバー (RE295-26A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
被水防護カバー (RE295-26B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

被水防護カバーの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

被水防護カバーの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

被水防護カバーの許容応力は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

被水防護カバーの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【被水防護カバー（RE295-26A）の耐震性についての計算結果】、【被水防護カバー（RE295-26B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	浸水防護 施設	被水防護カバー	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。



表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SAE 1008* (EN10204) (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	120	188	373	—

注記\* : SS400 相当

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

被水防護カバーの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

S2 補 VI-2-別添 2-7 R1

【被水防護カバー（RE295-26A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
被水防護カバー (RE295-26A)	C	原子炉建物 EL 8.8 (EL 10.1*1)	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =1.63*2	C <sub>V</sub> =1.28*2	120

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	166	10 (M10)	78.54	6	188 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	284	540	—	2	3	—	226	—	前後方向
	—	540	405	2	3				

注記 \*：各ボルトの機器要目における上段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	—	□	—	□

1.4 結論

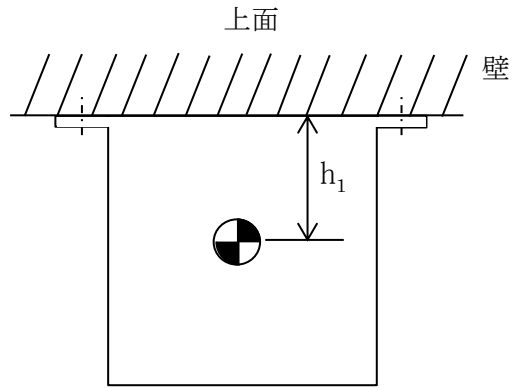
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

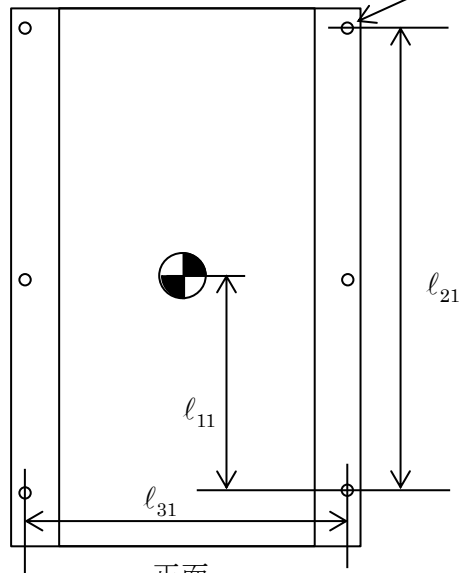
部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i = 1)	SAE 1008	引張	—	—	$\sigma_{b1} = 3$	$f_{ts1} = 135^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = 2$	$f_{sb1} = 104$

注記\* :  $f_{ts1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

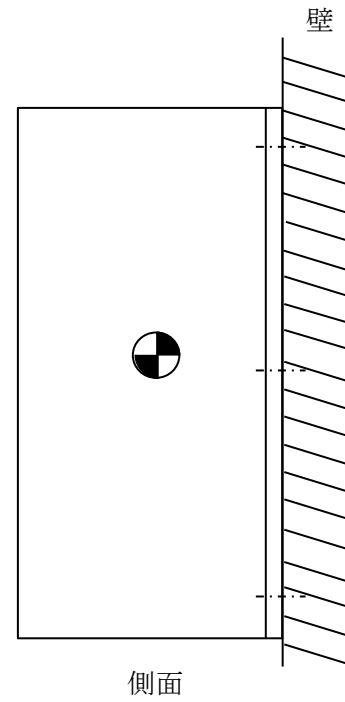
すべて許容応力以下である。



基礎ボルト  
(メカニカルアンカ)



転倒方向  
(前後方向)



【被水防護カバー（RE295-26B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
被水防護カバー (RE295-26B)	C	原子炉建物 EL 8.8 (EL 10.1*1)	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =1.63*2	C <sub>V</sub> =1.28*2	120

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	166	10 (M10)	78.54	6	188 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	284	540	—	2	3	—	226	—	前後方向
	—	540	405	2	3				

注記 \*：各ボルトの機器要目における上段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示す。

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 1.4 結論

## 1.4.1 ボルトの応力

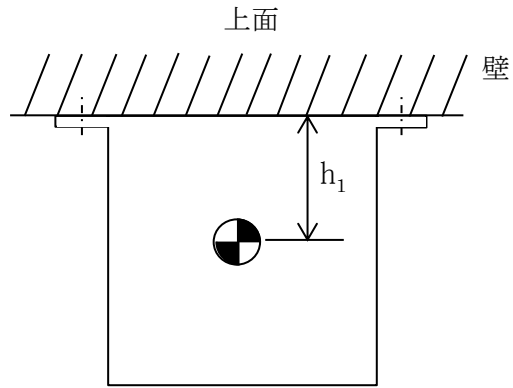
(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SAE 1008	引張	—	—	$\sigma_{bi} = 3$	$f_{tsi} = 135^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bi} = 2$	$f_{sbi} = 104$

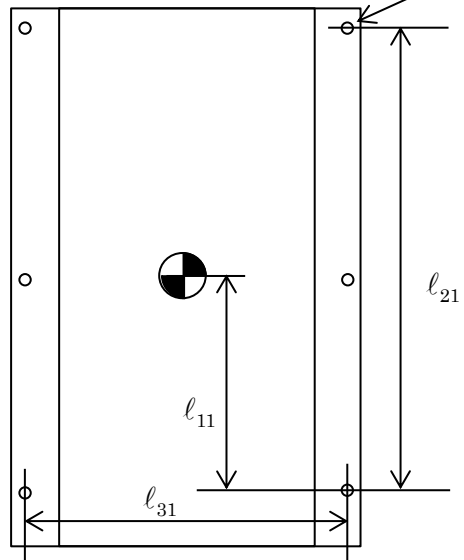
注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

すべて許容応力以下である。

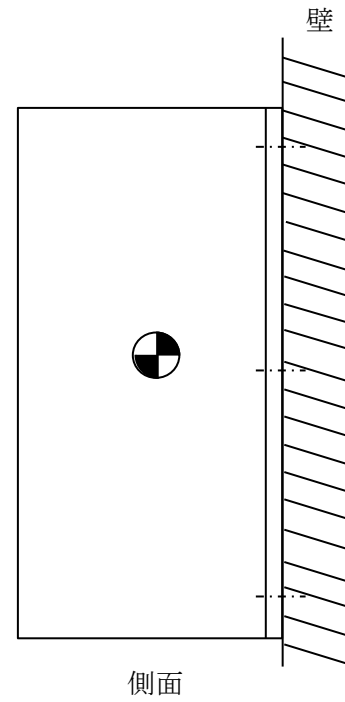




基礎ボルト  
(メカニカルアンカ)



転倒方向  
(前後方向)



VI-2-別添 2-8 溢水防護に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の  
組合せに関する影響評価結果

## 目 次

1. 概要	1
2. 機器・配管系の影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
2.3 評価結果	4
2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
2.3.2 建物・建築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果	4
2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	5
2.3.5 まとめ	5
3. 土木構造物の影響評価	22
3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出	22
3.1.1 構造形式の分類	22
3.1.2 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理	24
3.1.3 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出	25
3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果	27
3.1.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	30
3.1.6 機器・配管系への影響	35
3.1.7 まとめ	36

## 1. 概要

本資料は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水防護に係る施設及びB、Cクラス機器について、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、耐震性を有することを確認しているため、動的地震動の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

## 2. 機器・配管系の影響評価

### 2.1 基本方針

溢水防護に係る施設及びB、Cクラス機器に関する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

### 2.2 評価条件及び評価方法

VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図2-1に示す。

#### (1) 評価対象となる設備の整理

溢水防護に係る設備及びB、Cクラス機器のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して構造強度又は機能維持及び波及的影響を確認する設備を評価対象とする。（図2-1①）

#### (2) 構造上の特徴による抽出

機種ごとに構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図2-1②）

#### (3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。（図 2-1③）

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認する。（図 2-1④）

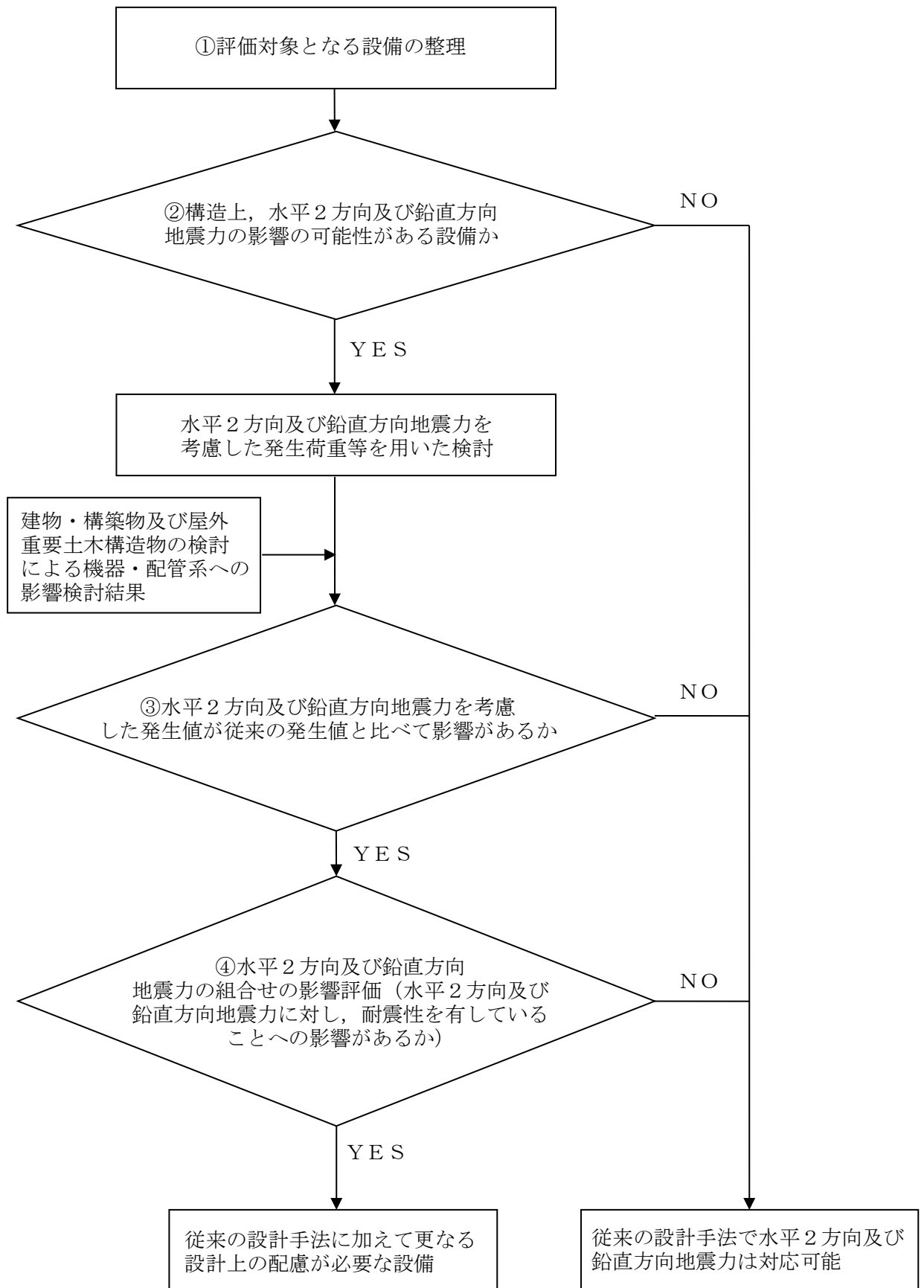


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

## 2.3 評価結果

### 2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

溢水防護に係る施設及びB、Cクラス機器の評価対象設備を表2-1に示す。VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位及び応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性のある設備を抽出した。

#### (1) 水平2方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震力に加えて、更に水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。抽出結果を表2-2に示す。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

#### (2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出する。抽出結果を表2-2に示す。

#### (3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)において影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値を比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。抽出結果を表2-2に示す。

### 2.3.2 建物・建築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・建築物及び屋外重要土木構造物の検討において、溢水防護に係る施設及びB、Cクラス機器への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

### 2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表2-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

#### 2.3.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して、設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表 2-3 に示す。

#### 2.3.5 まとめ

溢水防護に係る施設及びB、Cクラス機器について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも溢水防護に係る施設が有する耐震性への影響がないことを確認したため、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。



表 2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (1/2)

(1) 構造強度評価対象設備

設備名称	評価対象部位
再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (電動機用)	サポート
再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (発電機用)	取付ボルト
再循環ポンプ MG セット油冷却器	胴板
再循環ポンプ MG セット室冷却機	基礎ボルト
原子炉浄化循環ポンプ	基礎ボルト
原子炉浄化ろ過脱塩装置ホールディングポンプ	ポンプ取付ボルト
復水輸送ポンプ	ポンプ取付ボルト
原子炉浄化補助ポンプ	基礎ボルト
制御棒駆動水圧ポンプ油冷却器	胴板
CRD ポンプ室冷却機	基礎ボルト
RCIC ポンプ室冷却機	基礎ボルト
3号復水貯蔵タンク	基礎ボルト
3号補助復水貯蔵タンク	基礎ボルト
1号復水貯蔵タンク	胴板
配管 (制御棒駆動水圧系)	配管本体, 支持構造物
配管 (原子炉浄化系)	配管本体, 支持構造物
配管 (原子炉補機冷却系 (常用系))	配管本体, 支持構造物
配管 (燃料プール冷却系)	配管本体, 支持構造物
配管 (高圧炉心スプレイ系)	配管本体, 支持構造物
配管 (原子炉隔離時冷却系)	配管本体, 支持構造物
配管 (液体廃棄物処理系)	配管本体, 支持構造物
配管 (ドライウェル冷却系)	配管本体, 支持構造物
配管 (空調換気設備冷却水系)	配管本体, 支持構造物
配管 (復水輸送系)	配管本体, 支持構造物
配管 (消火系)	配管本体, 支持構造物
配管 (所内蒸気系)	配管本体, 支持構造物
配管 (復水給水系)	配管本体, 支持構造物
配管 (タービンヒータドレン系)	配管本体, 支持構造物
配管 (タービン補機冷却系)	配管本体, 支持構造物
配管 (補給水系)	配管本体, 支持構造物
配管 (中央制御室空調換気系)	配管本体, 支持構造物
配管 (ガスタービン発電機建物消火系)	配管本体, 支持構造物
被水防護カバー	基礎ボルト
通水扉	丁番, ラッチボルト

表 2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (2/2)

(2) 機能維持評価対象設備

設備名称	評価対象部位
大型タンク遮断弁	弁
燃料プール冷却系弁	弁
循環水ポンプ出口弁	弁
復水器水室入口弁	弁
復水器水室出口弁	弁

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (以下「増分の観点」という。) ○：影響あり －：該当なし	
再循環ポンプ MG セット 空気冷却器 (電動機用)	△ サポート 組合せ応力 (圧縮, 曲げ*)	×	－	再循環ポンプ MG セット空気冷却器 (電動機用) は, 従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
再循環ポンプ MG セット 空気冷却器 (発電機用)	△ 取付ボルト 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり, 水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。

注記\*：「VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書」の表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ, 評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
再循環ポンプ MG セット 油冷却器	△ 胴板 一次＋二次応力	×	－	水平 2 方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
再循環ポンプ MG セット室 冷却機	△ 基礎ボルト 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
原子炉浄化循環 ポンプ	△ 基礎ボルト 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

注記\*：ボルトについては、「VI-2-別添 2-2 溢水源としない B、C クラス機器の耐震性についての計算書」の表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
原子炉浄化ろ過 脱塩装置ホール ディングポンプ	△ ポンプ取付ボルト 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
復水輸送ポンプ	△ ポンプ取付ボルト 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
原子炉浄化補助 ポンプ	△ 基礎ボルト 一次応力 (せん断*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

注記\*：ボルトについては、「VI-2-別添 2-2 溢水源としない B、C クラス機器の耐震性についての計算書」の表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (4/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
制御棒駆動水圧 ポンプ油冷却器	△ 胴板 一次一般膜応力	×	－	水平 2 方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
CRD ポンプ室 冷却機	△ 基礎ボルト 一次応力 (せん断*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
RCIC ポンプ室 冷却機	△ 基礎ボルト 一次応力 (引張*)	×	－	評価対象のボルトは矩形配置であり、水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

二

注記\*：ボルトについては、「VI-2-別添 2-2 溢水源としない B、C クラス機器の耐震性についての計算書」の表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (5/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
3号復水貯蔵 タンク	△ 基礎ボルト 一次応力 (せん断*)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平 2 方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。
3号補助復水 貯蔵タンク	△ 基礎ボルト 一次応力 (せん断*)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平 2 方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。
1号復水貯蔵 タンク	△ 胴板 座屈	×	－	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。

12

注記\*：ボルトについては、「VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書」の表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示す算出応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい応力を記載する。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (6/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
配管 (制御棒駆動水 圧系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (原子炉浄化 系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (原子炉補機冷 却系 (常用 系))	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			



表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (7/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
配管 (燃料プール冷 却系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮 済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじ れモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向と その直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みであ る。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (高圧炉心スプ レイ系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮 済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじ れモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向と その直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みであ る。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (原子炉隔離時 冷却系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮 済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじ れモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向と その直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みであ る。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (8/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (液体廃棄物処 理系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮 済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじ れモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向と その直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みであ る。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (ドライウエル 冷却系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮 済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじ れモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向と その直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みであ る。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (空調換気設備 冷却水系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮 済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじ れモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向と その直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みであ る。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (9/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (復水輸送系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (消火系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (所内蒸気系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (10/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
配管 (復水給水系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (タービンヒー タドレン系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (タービン補機 冷却系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (11/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
配管 (補給水系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (中央制御室 空調換気系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			
配管 (ガスタービン 発電機建物 消火系)	△ 配管本体 一次＋二次応力	○	－	配管系は、従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は 3 次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ 支持構造物 一次＋二次応力			

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (12/13)

## (1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
被水防護カバー	○ 基礎ボルト 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
通水扉	○ 丁番 一次応力 (せん断)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
	△ ラッチボルト 一次応力 (せん断)	×	－	水平 2 方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平 1 方向の地震力しか負担しない

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (13/13)

## (2) 機能維持評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	
大型タンク 遮断弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認 済加速度以下であること及び構造強度評価を満足することを確 認している。
燃料プール 冷却系弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認 済加速度以下であること及び構造強度評価を満足することを確 認している。
循環水ポンプ 出口弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認 済加速度以下であること及び構造強度評価を満足することを確 認している。
復水器水室 入口弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認 済加速度以下であること及び構造強度評価を満足することを確 認している。
復水器水室 出口弁	△	×	－	従来評価で 2 方向合成応答加速度が試験にて確認した機能確認 済加速度以下であること及び構造強度評価を満足することを確 認している。

表 2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

(1) 構造強度評価

(単位：MPa)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
	評価部位	応力分類	1 方向入力発生値*1	2 方向想定発生値*2	許容値	判定
通水扉	丁番 (本体)	せん断	14	20	101	○
	丁番 (小扉)	せん断	7	10	118	○
被水防護カバー	基礎ボルト	引張	3	5	135	○

注記\*1：基準地震動  $S_s$  による地震力において発生する応力値を記載している。

\*2：「1 方向入力発生値」に対して、 $\sqrt{2}$  を乗じた値を記載している。



### 3. 土木構造物の影響評価

#### 3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出

##### 3.1.1 構造形式の分類

図3-1に土木構造物の配置図を示す。また、表3-1に土木構造物の構造形式を示す。  
土木構造物は、その構造形式より1)箱型構造物、2)円筒状構造物の2つに大別される。

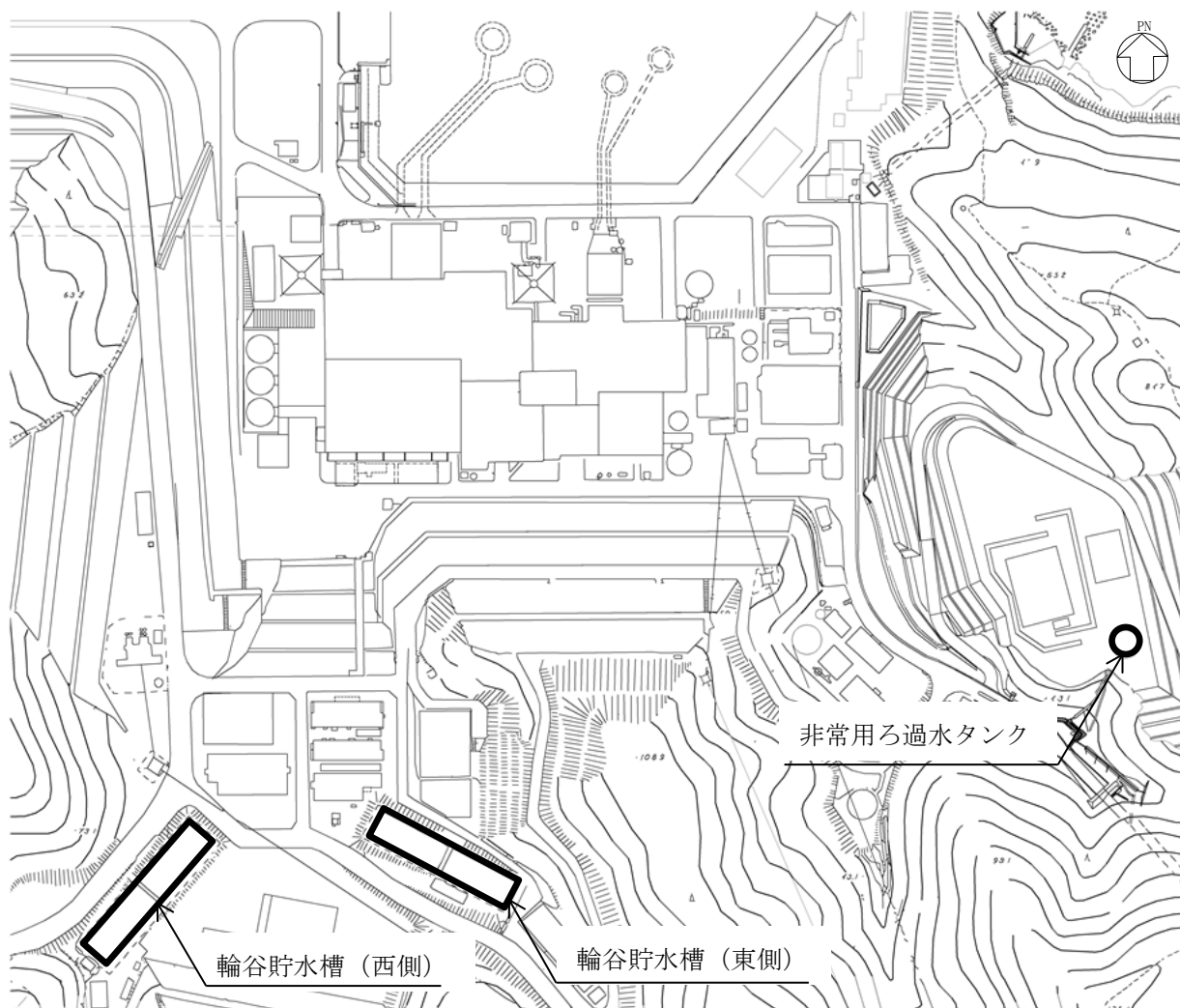


図3-1 土木構造物の配置図

表 3-1 土木構造物の構造形式

構造物名称	要求機能	
	1) 箱型 構造物	2) 円筒状 構造物
輪谷貯水槽（西側）	○	
輪谷貯水槽（東側）	○	
非常用ろ過水タンク		○

3.1.2 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

表 3-2 に従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧，摩擦力，慣性力が挙げられる。

表 3-2 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ*
①動土圧及び動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して，平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	
②摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	
③慣性力	躯体に作用する慣性力	

注記\*：作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

### 3.1.3 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

表 3-3 に、3.1.1 で整理した構造形式ごとに、3.1.2 で整理した荷重作用による影響程度を示す。

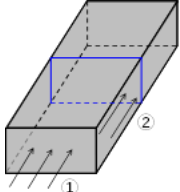
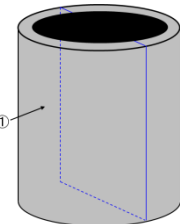
評価対象構造物の地震時の挙動は、躯体が主に地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.1.2 で整理した荷重のうち「②摩擦力」や「③慣性力」は、「①動土圧及び動水圧」と比較するとその影響は小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、「①動土圧及び動水圧」による影響を考慮する。ただし、「2)円筒状構造物」のうち、地上に設置されている構造物の場合、「③慣性力」の影響が大きくなることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、「③慣性力」による影響を考慮する。

「1)箱型構造物」は、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有することから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「①動土圧及び動水圧」が作用する。

「2)円筒状構造物」のうち地上に設置されている構造物については、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「③慣性力」が作用することによる応力の集中が考えられる。

以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、「1)箱型構造物」、「2)円筒状構造物」を抽出する。

表 3-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

構造形式の分類	1) 箱型構造物 ・ 輪谷貯水槽 (西側) ・ 輪谷貯水槽 (東側)		2) 円筒状構造物 ・ 非常用ろ過水タンク	
荷重の作用状況	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力はすべての構造部材に作用</p>		<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	
	①動土圧及び動水圧	妻壁に作用	①動土圧及び動水圧	作用しない
	②摩擦力	側壁に作用	②摩擦力	作用しない
	③慣性力	すべての部材に作用	③慣性力	すべての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材 (妻壁) を有し, 「①動土圧及び動水圧」による荷重が作用するため影響大		従来設計手法における耐震評価に対して, 直交する荷重として「③慣性力」による荷重が作用するため影響大	
抽出結果	○		○	

3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.1.1, 3.1.2 及び 3.1.3 の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造形式として、構造及び作用荷重の観点から、箱型構造物及び円筒状構造物を抽出した。以下に、構造形式ごとの選定結果を示す。

(1) 箱型構造物

箱型構造物については、輪谷貯水槽（西側）及び輪谷貯水槽（東側）に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。箱型構造物の平面図及び断面図を図3-2～図3-7に示す。

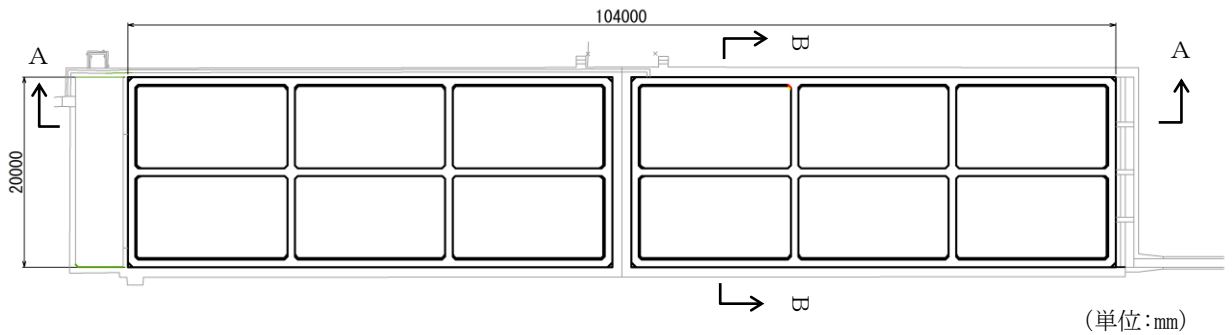


図3-2 輪谷貯水槽（西側） 平面図

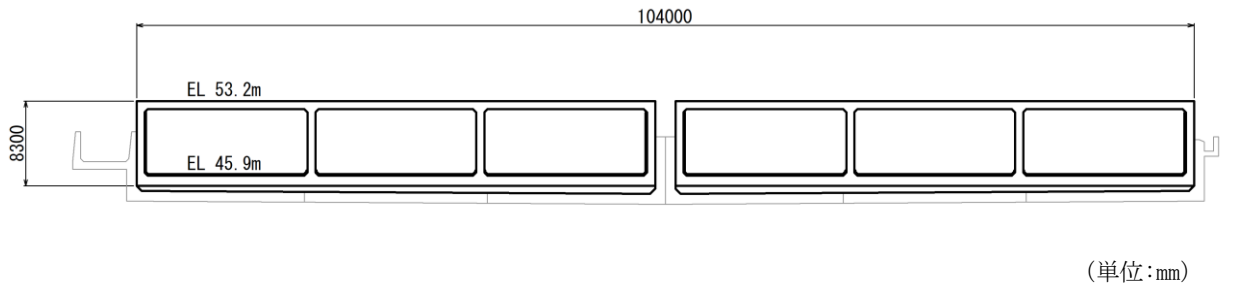


図3-3 輪谷貯水槽（西側） 断面図（A-A断面）

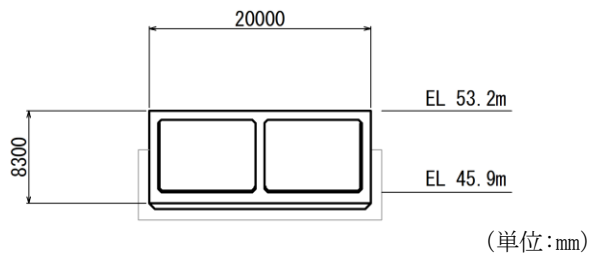


図3-4 輪谷貯水槽（西側） 断面図（B-B断面）

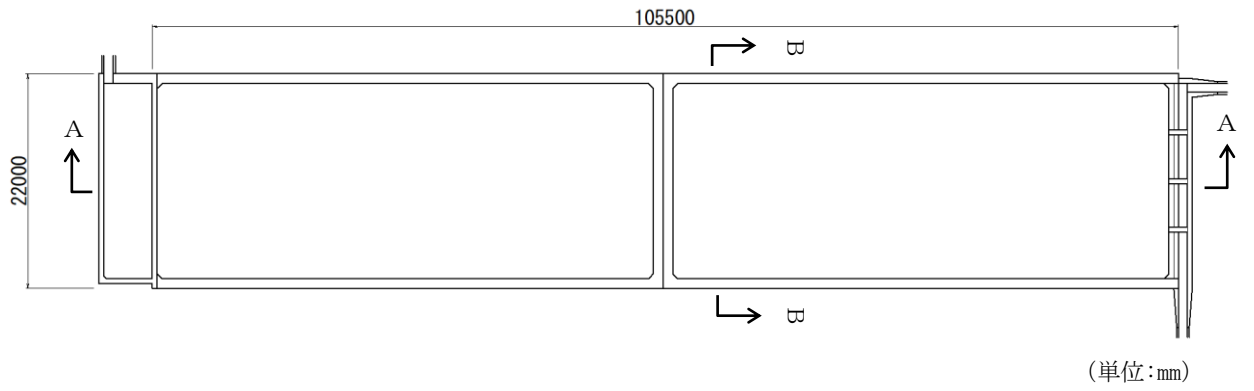


図 3-5 輪谷貯水槽（東側） 平面図

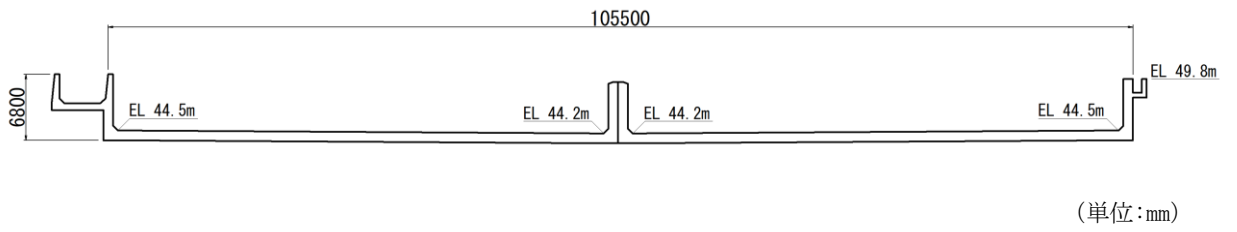


図 3-6 輪谷貯水槽（東側） 断面図（A-A断面）

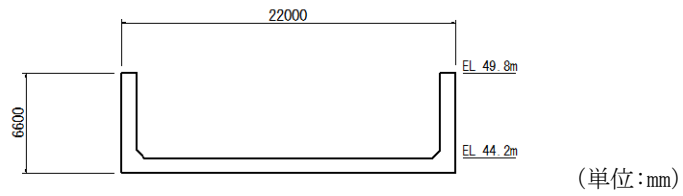


図 3-7 輪谷貯水槽（東側） 断面図（B-B断面）

(2) 円筒状構造物

円筒状構造物については、非常用ろ過水タンクに対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。円筒状構造物の平面図及び断面図を図3-8、図3-9に示す。

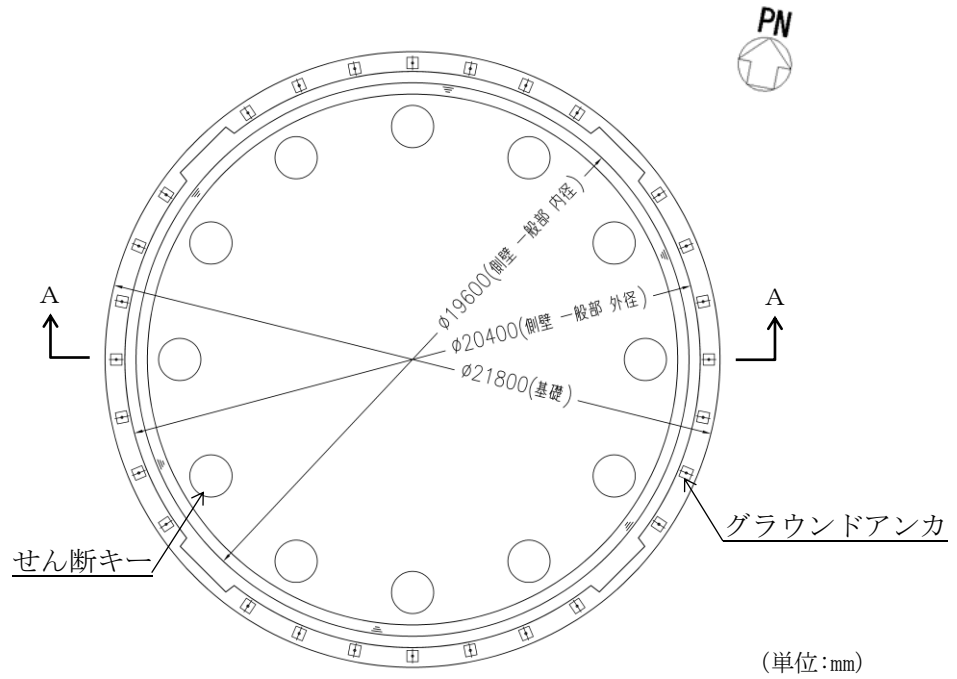


図3-8 非常用ろ過水タンク 平面図

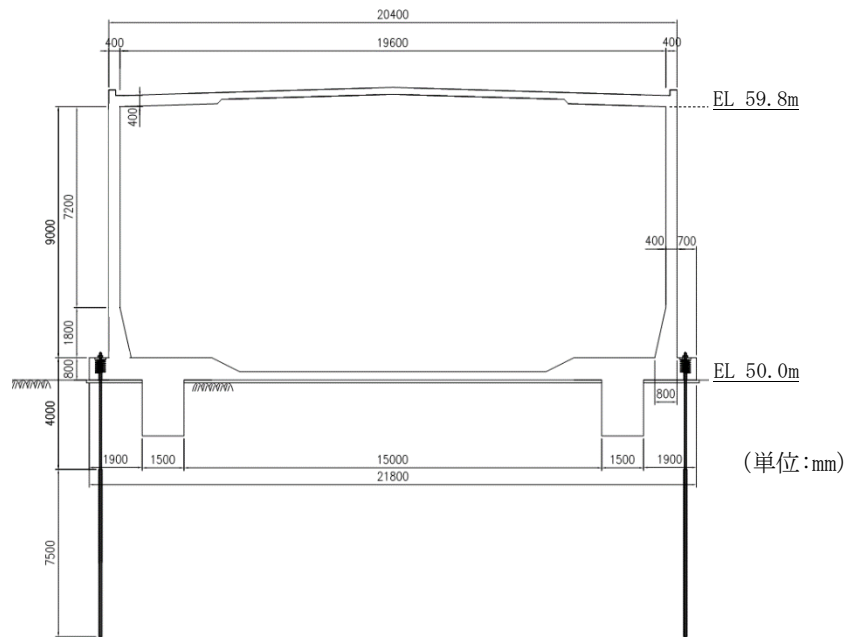


図3-9 非常用ろ過水タンク 断面図 (A-A断面)



### 3.1.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

#### (1) 箱型構造物

##### a. 評価方法

箱型構造物については、輪谷貯水槽（西側）の評価結果を示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、箱型構造物の弱軸方向断面及び強軸方向断面におけるそれぞれの2次元地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸方向加振における部材照査において、強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会、1999年改定）」（以下「RC規準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

RC規準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材に生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担はなく鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

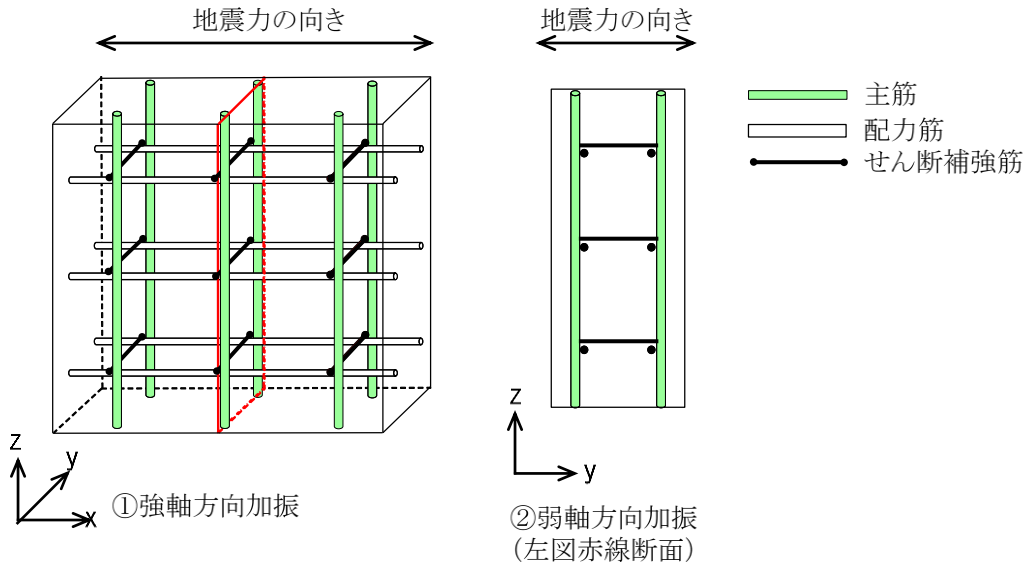
一方、強軸方向加振にて生じるせん断力を、箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず、鉄筋に負担させる場合、図3-10に示すとおり、強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が、弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、強軸方向加振にて発生する応力を、弱軸方向における構造部材の照査に付加することで、その影響の有無を検討する。

弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では、保守的に両方とも基準地震動 $S_s$ を用いる。

図3-11に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。

なお、輪谷貯水槽（東側）については、VI-2-別添 2-2「溢水源としないB、Cクラス機器の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

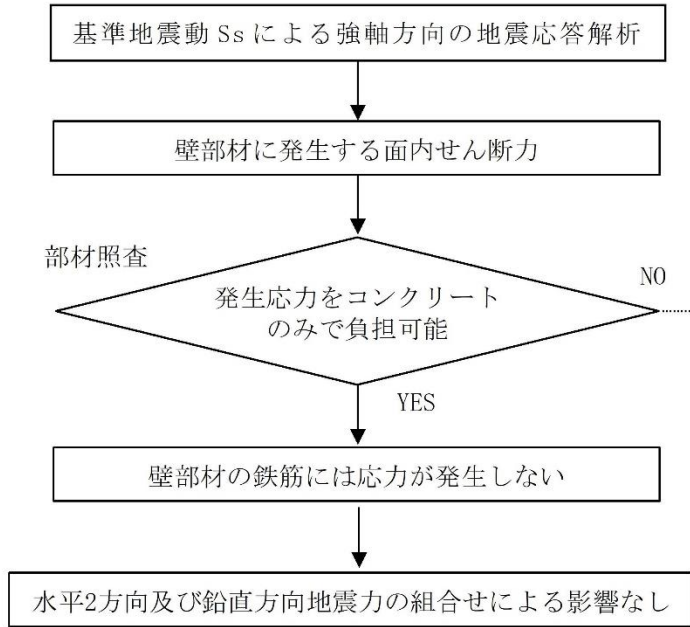


		①強軸方向加振	②弱軸方向加振	備考
断面力	My (y軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	Mx (x軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	Nz (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	Nzx (zx平面内せん断)	○	×	
	Qz (z方向面外せん断)	×	○	
応力	主筋	○	○	互いに干渉する可能性あり
	配力筋	○	×	
	せん断補強筋	×	○	

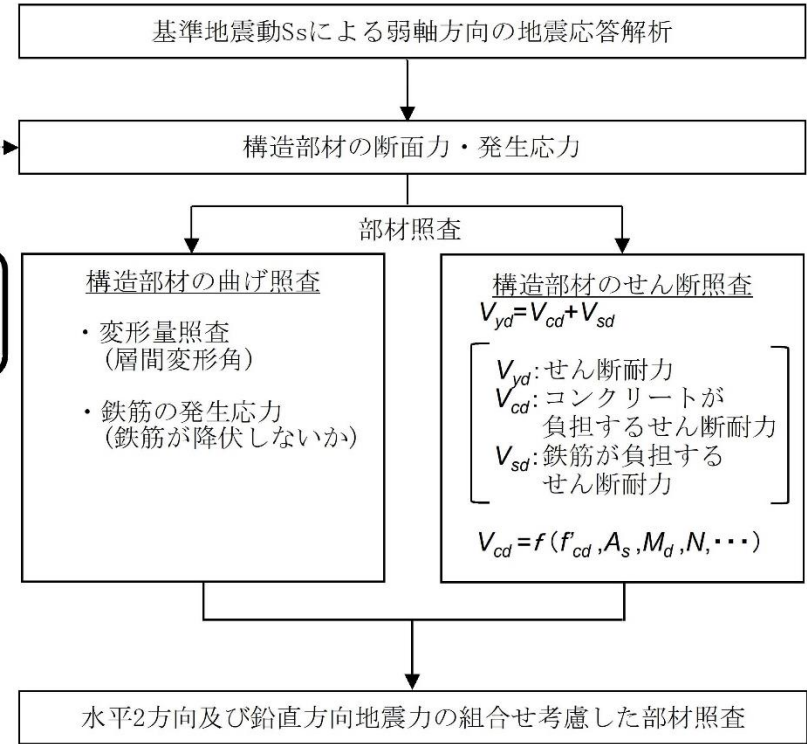
(○：発生する可能性あり，△：発生する可能性があるが極めて軽微，×：発生しない)

図 3-10 強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力

○強軸方向での地震応答解析及び部材照査



○弱軸方向での地震応答解析及び部材照査



強軸方向加振による発生応力を考慮

32

..... ◻ ..... : 両加振の耐震評価の関連性

図 3-11 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー

## b. 評価条件

箱型構造物である輪谷貯水槽（西側）の評価条件については、本構造物に対応する地震応答計算書に記載の解析手法、解析モデル、解析ケース及び地震動とする。

## c. 許容限界

許容限界は、RC規準を参考に、コンクリートの短期許容せん断応力度  $f_s$  とする。

表 3-4 に輪谷貯水槽（西側）におけるコンクリートの短期許容せん断応力度を示す。

表 3-4 コンクリートの短期許容せん断応力度

対象構造物	設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	備考
輪谷貯水槽（西側）	24.0	1.11	( $F_c/30$ かつ $0.5 + F_c/100$ 以下) の 1.5 倍

## d. 評価結果

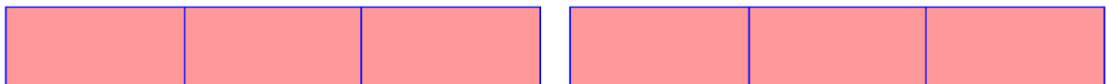
## (a) 輪谷貯水槽（西側）

強軸方向断面（A-A断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-5に示すとおり最大で0.55（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表3-5 面内せん断に対する照査結果

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値
			$\tau_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\max} / \tau_A$
①	S s - D	++	0.52	1.11	0.47
	S s - F 1	++	0.39		0.36
	S s - F 2	++	0.35		0.32
	S s - N 1	++	0.37		0.34
	S s - N 2 (NS)	++	0.43		0.39
	S s - N 2 (EW)	++	0.43		0.39
②	S s - D	++	0.47		0.43
③	S s - D	++	0.55		0.50

注：評価位置を図3-12に示す。



凡例


 : 評価位置

図3-12 輪谷貯水槽（西側）の評価位置

## (2) 円筒状構造物

円筒状構造物については、VI-2-別添2-2「溢水源としないB、Cクラス機器の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

### 3.1.6 機器・配管系への影響

土木構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した構造物について、機器・配管系への影響の可能性について検討した。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響については、構造物にねじれが発生する場合、応答に影響を与えと考えられる。

#### (1) 箱型構造物

箱型構造物については、鉄筋コンクリート部材の底版や側壁が厚く、全体の剛性が大きいことから、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (2) 円筒状構造物

円筒状構造物については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

### 3.1.7 まとめ

土木構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある施設（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮したうえで抽出し、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生応力が許容値を満足し、施設が有する耐震性に影響のないことを確認した。